

PARQUE ESCOLAR – AVALIAÇÃO DA ADAPTABILIDADE DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE REABILITAÇÃO ÀS EXIGÊNCIAS ACTUAIS

CLÁUDIA RAQUEL SOUSA RAMOS ROCHA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Orientador: Professor Doutor Nuno Manuel Monteiro Ramos

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por Cláudia Raquel Sousa Ramos Rocha

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas e entidades que contribuíram para a realização e desenvolvimento deste trabalho, nomeadamente:

- Ao meu orientador Professor Doutor Nuno Ramos, pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio, compreensão, atenção e ajuda que demonstrou na orientação deste trabalho.
- Aos meus colegas de trabalho pela colaboração e disponibilização de toda a informação necessária para o desenvolvimento deste trabalho.
- Ao meu marido e filho, Luís e Miguel, pela compreensão e disponibilidade.
- Aos meus pais, pela ajuda, incentivo e confiança.
- Aos meus parentes e amigos, pelo acompanhamento e incentivo manifestado.

E a todos que de alguma forma me ajudaram e que contribuíram para a concretização desta tese.

RESUMO

Este trabalho procurou fazer uma avaliação da adaptabilidade de algumas soluções construtivas aplicadas na reabilitação do Parque Escolar Português.

Este estudo teve por base uma metodologia exigencial já desenvolvida e de aplicação à reabilitação de elementos da envolvente externa (fachada e cobertura) dos edifícios escolares públicos, que pressupôs a definição de um perfil de desempenho de um edifício antes da intervenção e da definição de um perfil de desempenho desejável após a intervenção, com níveis de exigência e qualidade.

Este trabalho propõe também uma metodologia idêntica para a reabilitação de elementos da envolvente interna, com base na experiência profissional adquirida ao longo dos anos e na regulamentação actual aplicável.

Neste estudo foram utilizadas cinco escolas do tipo pavilhonar (base técnica e blocos 3x3): duas das escolas localizam-se no centro e as outras três no norte de Portugal. Estas escolas fazem parte do agrupamento do terceiro período de construção inicial (a partir de 1968). Estes projectos de tipo pavilhonar baseavam-se inicialmente em tipologias modelares constituídas por pavilhões, com tipologia muito similar entre si.

Para além da componente de reabilitação, todas as escolas tiveram uma grande percentagem de construção nova. A intervenção nas cinco escolas foi orientada no sentido de eliminar a solução de galerias, criar novos espaços e dotar as escolas de novas funcionalidades (lectivas e não lectivas) que respondessem às necessidades educativas actuais assim o permitir a integração da escola com a comunidade local.

A definição das soluções construtivas analisadas no trabalho teve por base o estudo das propostas das cinco escolas tendo-se dado maior destaque ao capítulo de arquitectura por se tratar do capítulo com maior peso (valor) dentro da proposta total e dado uma grande parte dos trabalhos de reabilitação estarem dentro deste capítulo.

A análise das soluções construtivas implementadas nas cinco escolas abordou a concepção com a abordagem aos materiais e sistemas aplicados e o desenvolvimento das tecnologias de construção aplicadas com o desenvolvimento operacional das várias actividades.

Para a avaliação das soluções de reabilitação aplicadas aos edifícios escolares, foram utilizadas as duas metodologias de avaliação exigencial (uma já desenvolvida e a minha proposta), com a aplicação de perfil com níveis de exigência e qualidade, em que se aplicou a metodologia a cada uma das soluções construtivas.

PALAVRAS-CHAVE: Reabilitação, Materiais e Sistemas Construtivos, Tecnologias de Construção, Avaliação Exigencial, Soluções Construtivas.

ABSTRACT

This study sought to evaluate the adaptability of some constructive solutions applied in the rehabilitation of the Portuguese School Park.

This study was based on a requested methodology already developed and applied to the rehabilitation of elements of the external environment (façade and roof) of public school buildings, which assumes the definition of a performance profile of a building before intervention and the definition of a desirable performance profile after the intervention, with levels of demand and quality.

This paper also proposes a similar methodology for the rehabilitation of elements of the internal surrounding, based on professional experience acquired over the years and the current rules applied.

This study used five schools in the pavilion type (basic technique and 3x3 blocks), two schools located in the centre of the country and three other schools in northern Portugal. These schools are part of the group's third period of initial construction (from 1968). These pavilion-type projects at first were based on modeling typologies consisting of flags, with very similar types together.

Beyond the rehabilitation component, every school had a large percentage of new construction.

Intervention at the five schools was geared towards eliminating the solution of galleries, creating new spaces and providing schools with new features (teaching and non-teaching) that respond to current educational needs thus allowing the integration of school with the local community.

The definition of the constructive solutions discussed in this work has been aimed to study the proposals of the five schools, with greater prominence to the chapter of architecture because it is the chapter with the highest weight (value) within the overall proposal and because most of rehabilitation work is within this chapter.

An analysis of constructive solutions implemented in five schools discussed the concept with the approach applied to materials and systems and development of construction technologies applied to the development of the various operational activities.

For the evaluation of the solutions applied to the rehabilitation of school buildings, we have used the two requested evaluation methodologies (one already developed and my proposal), with the application profile with levels of demand and quality, which applied the method to each one of constructive solutions.

KEYWORDS: Rehabilitation, Materials and Building Systems, Construction Technologies, Requested Rating, Constructive Solutions.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	3
1.3. APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DAS ESCOLAS – PARQUE ESCOLAR	4
1.4. DESAFIOS PARA A REABILITAÇÃO DO EQUIPAMENTO ESCOLAR	5
1.5. PROGRAMA DE CONSTRUÇÃO DE ESCOLAS PARA O FUTURO – CASO DE INGLATERRA	8
1.6. OBJECTIVOS	9
1.7. ASPECTOS METODOLÓGICOS	9
1.8. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	10

2. AVALIAÇÃO EXIGENCIAL DE EDIFÍCIOS ESCOLARES	11
2.1. METODOLOGIA EXIGENCIAL DE AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERNA	11
2.1.1. REVESTIMENTOS DE FACHADAS	12
2.1.2. VÃOS EXTERIORES (CAIXILHARIA E VIDROS)	14
2.1.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURA	19
2.1.4. PERFIL DE DESEMPENHO	19
2.2. PROPOSTA DE METODOLOGIA EXIGENCIAL DE AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DE ELEMENTOS INTERIORES DOS EDIFÍCIOS	20
2.2.1. PAREDES DIVISÓRIAS	20
2.2.2. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS	23
2.2.3. REVESTIMENTOS DE TECTOS	24
2.2.4. PERFIL DE DESEMPENHO	26

3. APRESENTAÇÃO DAS ESCOLAS	27
3.1. ENQUADRAMENTO	27
3.2. ESCOLA A	28
3.3. ESCOLA B	31

3.4. ESCOLA C	36
3.5. ESCOLA D	39
3.6. ESCOLA E	43
3.7. SÍNTESE	46

4. ANÁLISE DAS PROPOSTAS 47

4.1. ANÁLISE GLOBAL DAS PROPOSTAS	47
4.2. SUBCAPÍTULOS DO CAPÍTULO DE ARQUITECTURA	52
4.3. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS CORRESPONDENTES A ALGUNS SUBCAPÍTULOS DO CAPÍTULO DE ARQUITECTURA	55
4.4. SÍNTESE	62

5. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS IMPLEMENTADAS NAS ESCOLAS..... 65

5.1. ENQUADRAMENTO	65
5.2. CONCEPÇÃO E SOLUÇÕES TÉCNICAS ADOPTADAS	66
5.2.1. REVESTIMENTOS DE FACHADAS.....	66
5.2.1.1. SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR	66
5.2.1.1.1. MATERIAIS APLICADOS	67
5.2.1.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	67
5.2.1.2. EXECUÇÃO DE REBOCOS	73
5.2.2. VÃOS EXTERIORES (CAIXILHOS E VIDRO).....	75
5.2.2.1. MATERIAIS APLICADOS	76
5.2.2.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	76
5.2.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURAS	78
5.2.3.1. COBERTURAS INVERTIDAS.....	78
5.2.3.1.1. MATERIAIS APLICADOS	79
5.2.3.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	79
5.2.3.2. COBERTURAS COM PAINÉIS	83
5.2.3.2.1. MATERIAIS APLICADOS	83
5.2.3.2.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	84
5.2.4. EXECUÇÃO DE PAREDES DIVISÓRIAS	89
5.2.4.1. UTILIZAÇÃO DE BLOCO TÉRMICO / BLOCO ACÚSTICO.....	89

5.2.4.1.1. MATERIAIS APLICADOS	90
5.2.4.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	90
5.2.4.2. UTILIZAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO	92
5.2.4.2.1. MATERIAIS APLICADOS	92
5.2.4.2.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	92
5.2.5. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS	92
5.2.5.1. MATERIAIS SINTÉTICOS	92
5.2.5.1.1. MATERIAIS APLICADOS	93
5.2.5.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	93
5.2.5.2. RESINAS EPOXY	97
5.2.5.2.1. MATERIAIS APLICADOS	97
5.2.5.2.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	97
5.2.6. REVESTIMENTOS DE TECTOS.....	98
5.2.6.1. PLACAS DE GESSO E OUTROS TIPOS	98
5.2.6.1.1. MATERIAIS APLICADOS	98
5.2.6.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO	99

6. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	102
6. EXIGÊNCIAS E NÍVEIS DE QUALIDADE	102
6.1. REVESTIMENTOS DE FACHADA	102
6.1.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS	102
6.1.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS	104
6.2. VÃOS EXTERIORES (CAIXILHARIA E VIDRO)	106
6.2.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS.....	106
6.2.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS	109
6.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURAS	110
6.3.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS	110
6.3.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS	112
6.4. REVESTIMENTOS DE PAREDES	114
6.4.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS	114
6.4.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS	115
6.5. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS	116
6.5.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS	116

6.5.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS	117
--	-----

6.6. REVESTIMENTOS DE TECTOS.....	118
--	------------

6.6.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS	118
------------------------------------	-----

6.6.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS	120
--	-----

7. CONCLUSÕES	122
----------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA E ENDEREÇOS ELECTRÓNICOS	124
--	------------

ANEXOS:

ANEXO A – Valores Proposta Escola A

ANEXO B – Valores Proposta Escola B

ANEXO C – Valores Proposta Escola C

ANEXO D – Valores Proposta Escola D

ANEXO E – Valores Proposta Escola E

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Escola de Tipologia Pavilhonar – Base Técnica	4
Fig. 2 – Escola de Tipologia Pavilhonar – Base 3x3	5
Fig. 3 – Exemplo de Salas de Aulas	6
Fig. 4 – Laboratório	7
Fig. 5 – Sala TIC.....	7
Fig. 6 – Biblioteca.....	8
Fig. 7 – Auditório	8
Fig. 8 – Área de Desporto Externa.....	9
Fig. 9 – Paineis Solares	9
Fig. 10 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova (Escola A)	28
Fig. 11 – Maquete da Escola (Escola A).....	28
Fig. 12 – Salas de Aulas e Cozinha	30
Fig. 13 – Sala dos Professores	30
Fig. 14 – Laboratório e Sala TIC	30
Fig. 15 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova (Escola B)	31
Fig. 16 – Maquete da Escola (Escola B).....	31
Fig. 17 – Antes / Depois da Intervenção – Zonas de Circulação_Bloco A	33
Fig. 18 – Antes / Depois da Intervenção – Biblioteca_Bolco B.....	33
Fig. 19 – Antes / Depois da Intervenção – Salas de Aulas_Bloco B	34
Fig. 20 – Antes / Depois da Intervenção – Exterior_Bloco B	34
Fig. 21 – Antes / Depois da Intervenção – Secretaria_Bloco D.....	34
Fig. 22 – Antes / Depois da Intervenção – Auditório_Bloco D	35
Fig. 23 – Antes / Depois da Intervenção – Exterior_Bloco F	35
Fig. 24 – Antes / Depois da Intervenção – Sala TIC_Bloco G	35
Fig. 25 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova (Escola C)	36
Fig. 26 – Maquete da Escola (Escola C).....	36
Fig. 27 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo	38
Fig. 28 – Construção dos Novos Balneários.....	38
Fig. 29 – Intervenção nos Edifícios de Aulas Existentes	38
Fig. 30 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova (Escola D)	39
Fig. 31 – Maquete da Escola (Escola D).....	39

Fig. 32 – Início da Construção do Novo Edifício com Ligação aos Existentes	41
Fig. 33 – Reabilitação do Pavilhão Gimnodesportivo e Construção dos Novos Balneários	41
Fig. 34 – Reabilitação dos Edifícios Existentes (Fachada)	42
Fig. 35 – Reabilitação dos Edifícios Existentes (Envolvente Interior)	42
Fig. 36 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova (Escola E)	43
Fig. 37 – Maquete da Escola (Escola E)	43
Fig. 38 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo	45
Fig. 39 – Construção dos Novos Balneários	45
Fig. 40 – Início da Construção do Novo Edifício e Reabilitação dos Existentes	46
Fig. 41 – Valor Total da Proposta	47
Fig. 42 – Remodelação e Ampliação Escola D	48
Fig. 43 – Capítulos da Proposta 1	49
Fig. 44 – Capítulos da Proposta 2	50
Fig. 45 – Capítulos da Proposta 3	50
Fig. 46 – Subcapítulo do Capítulo Arquitectura 1	53
Fig. 47 – Subcapítulo do Capítulo Arquitectura 2	53
Fig. 48 – Revestimento de Coberturas, Impermeabilizações (B)	56
Fig. 49 – Revestimento de Cobertura, Impermeabilizações (C)	56
Fig. 50 – Revestimento de Pavimentos (B)	57
Fig. 51 – Revestimento de Pavimentos (C)	58
Fig. 52 – Revestimento de Paredes (B)	58
Fig. 53 – Revestimento de Paredes (C)	59
Fig. 54 – Paredes Divisórias (B)	59
Fig. 55 – Paredes Divisórias (C)	60
Fig. 56 – Revestimento de Tectos (B)	61
Fig. 57 – Revestimento de Tectos (C)	61
Fig. 58 – Paredes Divisórias	62
Fig. 59 – Revestimentos de Pavimentos	63
Fig. 60 – Revestimentos de Tectos	63
Fig. 61 – Pormenor da Zona Inferior do Sistema ETIC – Calha de Arranque	67
Fig. 62 – Criação do Rodapé e Colaço de Perfis Laterais	68
Fig. 63 – Colaço das Placas de Isolamento Térmico	69
Fig. 64 – Pormenor da Aplicação da Fixação Mecânica das Placas de Isolamento Térmico	69

Fig. 65 – Aplicação das Placas de Isolamento Térmico – Vista Geral	69
Fig. 66 – Aplicação da Rede de Fibras de Vidro	70
Fig. 67 – Remate do Sistema em Vigas.....	70
Fig. 68 – Pormenor de Remate do Sistema ETICS	71
Fig. 69 – Pormenor do Perfil de Canto.....	71
Fig. 70 – Reforço da Zona dos Vãos	72
Fig. 71 – Pormenor do Sistema ETICS nos Vãos de Fachada.....	72
Fig. 72 – Reforço Anti-vandalismo	73
Fig. 73 – Zona de Transição de Materiais Diferentes	74
Fig. 74 – Recuperação da Fachada com Reboco Escola B – Bloco D e C.....	74
Fig. 75 – Recuperação da Fachada com Reboco Escola B – Bloco E e F	75
Fig. 76 – Fachada com Cerâmico – Vista Geral	75
Fig. 77 – Execução de Juntas de Dilatação / Fraccionamento.....	75
Fig. 78 – Preparação dos Vãos Exteriores – Aplicação de Chapas do Lado Exterior dos Pilares.....	77
Fig. 79 – Pormenor de Vãos de Janela.....	77
Fig. 80 – Pormenor de Caixilhos	78
Fig. 81 – Vãos de Janela (Escola B) – Antes e Depois da Reabilitação	78
Fig. 82 – Limpeza e Desmantelamento de Telas de Impermeabilização Existentes	80
Fig. 83 – Aplicação de Telas Impermeabilizantes (1ª Tela).....	80
Fig. 84 – Aplicação de Telas Impermeabilizantes (2ª Tela).....	80
Fig. 85 – Pormenor Cobertura Invertida	81
Fig. 86 – Pormenor Cobertura Invertida (Junta de Dilatação)	81
Fig. 87 – Pormenor Cobertura Invertida.....	82
Fig. 88 – Ensaio de Estanquidade	82
Fig. 89 – Colocação de Godo na Cobertura	83
Fig. 90 – Painel Sandwich.....	83
Fig. 91 – Painéis de Policarbonato Alveolar	84
Fig. 92 – Aplicação dos Painéis Sandwich	84
Fig. 93 – Aplicação da Tela de Impermeabilização (Zona das Caleiras)	85
Fig. 94 – Aplicação da Tela de Impermeabilização (Zona das Caleiras)	85
Fig. 95 – Colocação dos Painéis de Policarbonato.....	86
Fig. 96 – Pormenor de Cobertura com Painéis de Policarbonato	86

Fig. 97 – Pormenor do Remate dos Painéis de Policarbonato	87
Fig. 98 – Vista Interior dos Painéis de Policarbonato	87
Fig. 99 – Estrutura Metálica da Cobertura do Pavilhão Gimnodesportivo	88
Fig. 100 – Colocação dos Painéis Sandwich	88
Fig. 101 – Pormenor de Cobertura com Painéis Sandwich	88
Fig. 102 – Cobertura do Pavilhão Gimnodesportivo Finalizada e Abertura às Aulas	89
Fig. 103 – Substituição Parcial – Peças Defeituosas	89
Fig. 104 – Acondicionamentos dos Blocos de Argila Expandida	90
Fig. 105 – Execução das Paredes entre Salas de Aulas e Salas de Aulas e Corredor de Circulação	91
Fig. 106 – Execução da Parede com Blocos	91
Fig. 107 – Execução das Paredes de Alvenaria de Tijolo	92
Fig. 108 – Preparação das Superfícies	93
Fig. 109 – Colocação de Massa de Regularização para Execução de Manta Vinílica	94
Fig. 110 – Colocação de Manta Vinílica no Pavilhão Gimnodesportivo	94
Fig. 111 – Execução do Ensaio para Determinação do Teor de Humidade	95
Fig. 112 – Leitura dos Resultados do Ensaio	95
Fig. 113 – Colocação de Massa de Regularização para Colocação de Borracha Pitonada	96
Fig. 114 – Colocação de Borracha Pitonada no Corredor de Circulação	96
Fig. 115 – Pormenor do Pavimento com Borracha Pitonada	96
Fig. 116 – Pormenor do Pavimento com Epoxy	98
Fig. 117 – Aplicação de Pavimento em Autonivelante Epoxy nos Balneários	98
Fig. 118 – Placas de Limalha de Madeira de Abeto Aplicadas nas Salas	99
Fig. 119 – Colocação de Lã de Rocha no Tecto dos Compartimentos	100
Fig. 120 – Placagem de Tectos de Pladur	100
Fig. 121 – Emassamento de Juntas / Barramento dos Tectos de Pladur	100
Fig. 122 – Execução de Primários e Pintura nos Tectos das Salas de TIC	101
Fig. 123 – Pormenor de Tectos com Placas de Gesso Cartonado com Lã de Rocha	101

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico da Envolvente Opaca Vertical.....	12
Quadro 2 – Classes de Reacção ao Fogo	12
Quadro 3 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo.....	13
Quadro 4 – Selecção da Classe de Estanquidade à Água de Janelas Exteriores.....	14
Quadro 5 – Avaliação Exigencial de Estanquidade à Água de Janelas Exteriores.....	15
Quadro 6 – Selecção da Classe de Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores.....	15
Quadro 7 – Avaliação Exigencial da Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores.....	16
Quadro 8 – Selecção da Classe de Resistência ao Vento de Janelas Exteriores	16
Quadro 9 – Avaliação Exigencial da Resistência ao Vento de Janelas Exteriores	17
Quadro 10 – Avaliação Exigencial do Isolamento Acústico.....	17
Quadro 11 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico dos Vãos Envidraçados	18
Quadro 12 – Avaliação Exigencial do Factor Solar de Envidraçados.....	18
Quadro 13 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico da Cobertura da Zona Corrente.....	19
Quadro 14 – Avaliação Exigencial do Desempenho de Elementos da Envolvente Externa dos Edifícios Escolares – Perfil Inicial e Perfil Desejável	19
Quadro 15 – Índice de Isolamento Sonoro a Sons de Condução Aérea.....	20
Quadro 16 – Avaliação Exigencial do Isolamento Acústico.....	21
Quadro 17 – Classes de Reacção ao Fogo	21
Quadro 18 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo.....	22
Quadro 19 – Classes de Reacção ao Fogo	23
Quadro 20 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo.....	23
Quadro 21 – Classes de Reacção ao Fogo	24
Quadro 22 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo.....	25
Quadro 23 – Avaliação Exigencial da Absorção Acústica	25
Quadro 24 – Avaliação Exigencial do Desempenho da Elementos da Envolvente Interna dos Edifícios Escolares – Perfil Actual e Perfil Desejável	26
Quadro 25 – Tipo de Escolas.....	27
Quadro 26 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola (Escola A)	29
Quadro 27 - Novas Funcionalidades / Valências da Escola (Escola B)	33
Quadro 28 - Novas Funcionalidades / Valências da Escola (Escola C)	37
Quadro 29 - Novas Funcionalidades / Valências da Escola (Escola D)	41
Quadro 30 - Novas Funcionalidades / Valências da Escola (Escola E)	45

Quadro 31 – Exigências Aplicáveis a Revestimentos de Fachada.....	102
Quadro 32 – Perfil da Avaliação Exigencial	102
Quadro 33 – Valores do Coeficiente Global de Transmissão térmica de Referencia e Máximo Admissível de Elementos Opacos.....	103
Quadro 34 – Dados das Fichas Técnicas dos Materiais / Sistemas Aplicados	104
Quadro 35 – Desempenho Face às Exigências	104
Quadro 36 – Exigências Aplicáveis às Caixilharias	106
Quadro 37 – Perfis de Avaliação Exigencial	106
Quadro 38 – Valores do Coeficiente de Transmissão térmica de Referencia.....	108
Quadro 39 – Dados das Fichas Técnicas dos Caixilhos e Vidros Aplicados (Escola E)	109
Quadro 40 – Perfis da Avaliação Exigencial	110
Quadro 41 – Exigências Aplicáveis aos Revestimentos de Cobertura.....	110
Quadro 42 – Perfis de Avaliação Exigencial	111
Quadro 43 – Valores do Coeficiente Global de Transmissão térmica de Referencia e Máximo Admissível de Elementos Opacos.....	111
Quadro 44 – Dados das Fichas Técnicas dos Revestimentos de Cobertura Aplicados	112
Quadro 45 – Perfis da Avaliação Exigencial	112
Quadro 46 – Exigências Aplicáveis às Paredes Divisórias.....	114
Quadro 47 – Perfis de Avaliação Exigencial	114
Quadro 48 – Dados das Fichas Técnicas dos Materiais das Paredes Divisórias	115
Quadro 49 – Perfis de Avaliação Exigencial	116
Quadro 50 – Exigências Aplicáveis aos Revestimentos de Pavimentos	116
Quadro 51 – Perfis de Avaliação Exigencial	117
Quadro 52 – Dados das Fichas Técnicas dos Revestimentos de Pavimento Aplicados	117
Quadro 53 – Perfis da Avaliação Exigencial	118
Quadro 54 – Exigências Aplicáveis aos Revestimentos de Tecto.....	118
Quadro 55 – Perfis de Avaliação Exigencial	119
Quadro 56 – Dados das Fichas Técnicas dos Revestimentos de Tecto Aplicados	120
Quadro 57 – Perfis de Avaliação Exigencial	120

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Encontra-se em implementação um grande programa de reabilitação de edifícios escolares em Portugal, que envolve centenas de milhões de euros. É uma oportunidade excepcional para melhorar as suas condições de utilização, garantindo-se, simultaneamente, o conforto dos utilizadores, a eficiência energética, a durabilidade das soluções e a sustentabilidade da exploração dos edifícios reabilitados.

A implementação deste programa iniciou-se em Março de 2007, com a fase piloto (intervenção em 4 escolas), seguindo-se a Fase 1 (intervenção em 26 escolas), a Fase 2 (intervenção em 75 escolas), estando actualmente em preparação a fase 3, com mais 100 escolas. No total pretende-se requalificar e modernizar 332 escolas até 2015 [15].

O projecto de modernização das escolas tem quatro grandes objectivos:

- Recuperar e modernizar os edifícios, corrigindo os problemas construtivos e de infra-estruturas, melhorando as condições de habitabilidade, conforto ambiental e as acessibilidades, permitindo o acesso a pessoas com necessidades especiais, adequando os espaços lectivos a exigências curriculares e práticas pedagógicas, modernizando equipamentos e infra-estruturas de apoio lectivo, garantindo flexibilidade, adaptabilidade e durabilidades dos espaços lectivos e não-lectivos, para que estes possam no futuro responder a novas necessidades.
- Abrir a escola à comunidade, recentrando as escolas nos meios urbanos em que se inserem e permitindo a utilização destas pela comunidade para eventos culturais e sociais, desporto e lazer. A escola foi, é e deverá continuar a ser um espaço que sugere e promove novas sociabilidade
- Criar um sistema eficiente e eficaz de gestão, de forma a garantir intervenções pontuais de reparação e intervenções programadas de conservação e manutenção, garantindo uma correcta e plena utilização das instalações e de todos os seus equipamentos.
- Reduzir o impacto ambiental, através do uso preferencial de materiais reciclados e amigos do ambiente, minimizando os impactes ambientais, não apenas durante o período de construção, mas também durante o seu período de utilização e garantindo uma eficiência energética pelo recurso a energias renováveis.

As intervenções a serem implementadas devem ser cuidadosamente preparadas e conduzidas de modo a assumir um carácter exemplar de promoverem boas práticas de intervenção nos edifícios escolares.

Assim será dada coerência a um conjunto de acções que promovam com eficácia através dos seus espaços a motivação para a aprendizagem, encorajando a desenvolver uma atitude mais activa face às novas necessidades de conhecimento ligadas às tecnologias e à promoção da inovação.

Será necessário desenvolver verdadeiras iniciativas que visem a correcção de problemas construtivos existentes, que melhorem as condições de habitabilidade, de segurança e de acessibilidades e que criem novos espaços que respondam às novas necessidades e que tenham capacidade de adaptabilidade que possam responder às futuras necessidades.

A situação do parque escolar português em geral, antes da realização dos trabalhos de reabilitação e requalificação caracterizava-se [4]:

- Por uma desqualificação físico-construtiva, devido ao desgaste provocado pelo uso e envelhecimento natural dos seus materiais de construção e pelo aparecimento de um quadro de patologias construtivas a que os edifícios estão sujeitos durante a sua vida útil e que condicionam a sua utilização e por uma má imagem geral da escola.
- Por uma desqualificação a nível da envolvente externa, que obriga a uma intervenção a nível de fachada incluindo vãos exteriores, coberturas e respectivas estruturas de suporte e drenagem.
- Por uma desqualificação na zona interior das edificações, cuja intervenção incidiu sobre elementos de compartimentação, carpintarias, serralharias, revestimentos de tectos, vãos interiores, pavimentos, e redes prediais de águas, de esgotos, de gás e eléctricas e instalações especiais.
- Por uma desqualificação a nível da envolvente externa, que obriga a uma intervenção nos espaços exteriores e respectiva requalificação paisagística.
- Por uma desqualificação ambiental, dada a evolução dos parâmetros legais de conforto ambiental, higiénico-sanitário, conforto higrotérmico, conforto acústico e luminoso, da qualidade do ar, da recolha e evacuação de resíduos e da eficiência energética dos edifícios.
- Por uma desqualificação funcional, dada a evolução dos modelos educativos e dos processos de ensino-aprendizagem, que impõem uma nova organização e condições espaciais dos diversos sectores funcionais, zonas lectivas, administrativas, sociais e de apoio, e por existir uma insuficiência de áreas lectivas e não lectivas e outros tipos de espaços.

Assim a reabilitação dos edifícios escolares pressupõe que para além da resolução de anomalias construtivas, se melhore o seu desempenho em geral, aumentando os níveis de qualidade, conforto e segurança, para que estas possam responder às exigências para as quais não foram inicialmente concebidas.

Trabalhar sobre edifícios existentes constitui uma operação complexa e com grandes especificidades, obrigando a precauções e cuidados adicionais para que a intervenção tenha em conta as características próprias dos edifícios, optando por metodologias de preservação da construção e dos elementos construtivos, e corrigindo-os numa lógica exigencial e as características da própria área envolvente em que esta se insere.

Para isso é necessário encontrar soluções construtivas e ambientais duradouras que garantam uma redução de custos de gestão e de manutenção.

Neste âmbito, reforça-se a necessidade de requalificar globalmente o espaço escolar através de uma reabilitação orientada por objectivos estratégicos adoptando uma metodologia exigencial que a sociedade hoje em dia assim o impõe.

1.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO [15]

O parque escolar actual destinado ao ensino secundário público integra um total de 477 escolas, cuja construção se iniciou no final do séc. XIX. Estas escolas constituem um conjunto heterogéneo, a nível das condições tipo-morfológicas dos edifícios e da sua qualidade arquitectónica e construtiva.

As maiorias das construções são compostas por soluções normalizadas (projectos-tipo) com recurso à construção em série. Com base no período de construção, as escolas agruparam-se em três períodos ou fases: o primeiro até 1935, o segundo de 1935 até 1968 e o terceiro a partir de 1968.

Assim, na terceira fase, desenvolve-se um conjunto limitado de projectos-tipo pavilhonar destinados a liceu e escola-técnica, baseados em soluções de grande pragmatismo de modo a permitir rapidez e economia de execução. A imagem dos edifícios é ditada pelas estratégias construtivas na qual a ornamentação está ausente.

A tipologia “pavilhonar” constitui um universo relativamente vasto de escolas, caracterizando-se pelo frequente recurso a sistemas de pré-fabricação e baseadas em tipologias modelares constituídas por pavilhões, com tipologia muito similar entre si.

A tipologia “pavilhonar - escola-técnica” (fig.1 – Escola de Tipologia Pavilhonar – Base Técnica) compreende três tipos de blocos, um bloco geral com dois pisos onde se localizam a direcção, secretaria, refeitório, biblioteca e sala polivalente, bloco de aulas com dois ou três pisos de planta quadrangular com pátio central coberto por clarabóia. O acesso aos pisos superiores faz-se por escadas laterais que ligam as galerias de circulação, e um bloco de oficinas de piso único e dimensão variada.



Fig.1 – Escola de Tipologia Pavilhonar - Base Técnica

Na década de 80 são desenvolvidos novos projectos-tipo a partir dos anteriores que mantêm a estrutura pavilhonar e a ligação exterior através de galerias. Os blocos, de dimensão variável, apresentam planta quadrada (“3x3”) (Fig.2 – Escola de Tipologia Pavilhonar – 3X3). A escada localiza-se no átrio central, dotado de lanternim. Não é feita distinção entre o bloco de serviços e os de aulas.

Estes projectos tipo estruturam-se a partir de um conjunto de blocos autónomos, permitindo a adaptação do edifício a terrenos de características topográficas, de exposição, de acessos e geológicas muito diversas. Os diferentes blocos são ligados por galerias exteriores cobertas.

Este tipo de tipologia pavilhonar foi aplicado em várias zonas do país com adaptações pontuais em função da dimensão da escola e não em função da zona climática a onde a escola estava inserida.

Em termos construtivos são edifícios modelares de estrutura porticada de betão armado com lajes do mesmo material e paredes preenchidas por panos de alvenaria de tijolo rebocados e pintados com os elementos de betão aparentes. As coberturas são planas, não visitáveis ou com cobertura inclinada e lanternim revestidas a placas de fibrocimento. Os vãos apresentam caixilharias de madeira ou de alumínio com vidro simples.



Fig.2 – Escola de Tipologia Pavilhonar – Blocos 3X3

1.3. APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DAS ESCOLAS – PARQUE ESCOLAR [15]

Nas últimas quatro décadas o esforço no que se refere à construção de edifícios escolares concentrou-se sobretudo na expansão da rede escolar. Para o efeito recorreu-se à aplicação de soluções-tipo e à construção normalizada e em série.

Paralelamente com este esforço de desenvolvimento social, cultural e económico, através da criação de novas escolas, não foi pensado nem desenvolvido um sistema de gestão eficaz ao nível da conservação e manutenção dos edifícios existentes. Não foram tomadas medidas integradas para fazer face ao desgaste provocado pelo uso e aos problemas construtivos a que os edifícios estão sujeitos durante a sua vida útil, nem às novas necessidades de adaptação funcional entretanto ocorridas em termos dos currícula e das práticas educativas e formativas. Acresce ainda a necessidade de atender às crescentes exigências legais que tem surgido nos últimos tempos a nível de conforto ambiental bem como à eficiência energética dos edifícios.

A maioria das escolas denotam sinais de desqualificação física, ambiental e funcional, a par de problemas de eficiência energética, em que para inverter o curso do processo de degradação obriga a implementar uma efectiva reabilitação, promovendo a requalificação dos espaços assim como em alguns casos à ampliação por imposição decorrentes dos novos paradigmas educativos e ambientais.

O Programa de Modernização das Escolas Destinadas ao Ensino Secundário (PMEES), a cargo da Parque Escolar EPE, contempla intervenções em 332 escolas até 2015.

A modernização dos espaços escolares tem dado uma enorme relevância ao espaço físico e à sua habitabilidade com qualidade. A concepção arquitectónica e em particular a organização das várias valências (lectivas e não-lectivas) que integram o espaço escolar, as soluções construtivas utilizadas, os

materiais e equipamentos incorporados, a sua gestão e manutenção são uma mais-valia que se tem procurado promover e reforçar, nomeadamente através:

- Da criação de espaços atractivos capazes de proporcionar bem-estar e garantir as condições essenciais à prática pedagógica, estimulando e favorecendo o trabalho educativo, o rendimento e o bem-estar da comunidade educativa (fig.3 – Exemplo de sala de aulas);
- Da criação de espaços flexíveis capazes de se adaptarem no tempo à evolução dos currículos e solicitações da comunidade escolar, nomeadamente a nível de novas tecnologias de informação e de comunicação;
- Da criação de espaços multifuncionais capazes de possibilitar uma utilização variada quer aos seus utilizadores, assim como uma utilização alargada à comunidade envolvente;
- Da criação de espaços seguros e acessíveis, de forma a permitir a sua utilização a pessoas com mobilidade condicionada e ou necessidades educativas especiais;
- Da utilização de soluções duradouras em termos físico, ambientais e funcionais, de modo a garantir baixos custos de gestão e de manutenção.



Fig.3 – Exemplo de Sala de Aulas

1.4. DESAFIOS PARA A REABILITAÇÃO DO EQUIPAMENTO ESCOLAR [15]

É importante adequar os equipamentos escolares, implementando a sua reabilitação física às necessidades decorrentes de uma maior diversificação educacional. A reabilitação dos edifícios escolares pressupõe que para além da resolução de anomalias construtivas, se melhore o seu desempenho em geral, aumentando os níveis de qualidade, de forma que possa responder a exigências actuais. Desenvolver a questão das novas necessidades educacionais que se impõem actualmente muito ligada às novas tecnologias de informação e comunicação e à inovação, mas também às questões ligadas à sustentabilidade e eficiência energética, que cada vez mais têm um peso significativo na nossa sociedade, para além de se tratar de uma imposição a mundial.

Este novo modelo de edifício escolar, não é uma escola tipo, mas um tipo de escola que responde ao projecto pedagógico, às necessidades, objectivos e características das comunidades locais, ao conforto da

comunidade educativa, bem como à natural evolução dos modelos educativos e práticas pedagógicas, garantindo ainda a durabilidade, adaptabilidade e sustentabilidade das instalações no tempo.

Assim, identificaram-se cinco grandes áreas de intervenção:

1. Núcleo de Ciência e Tecnologia e/ou Artes – Criação de áreas lectivas específicas, totalmente modernizadas destinadas a Laboratórios (Fig.4 – Laboratório), Salas TIC (Fig.5 – Sala TIC), Oficinas, Salas de Desenho e Oficina de Artes;



Fig.4 – Laboratório



Fig.5 – Sala TIC

2. Núcleo de biblioteca/Centro de Recursos e de Conhecimento e Memória (espaço museológico) - Criação de áreas específicas, totalmente modernizadas destinadas a consulta de informação e exposição de espólios escolares (Fig.6 – Biblioteca);



Fig.6 – Biblioteca

3. Espaço Escola – Desenvolvimento de áreas específicas, não lectivas, destinadas à criação de condições de trabalho e estudo da comunidade educativa, garantindo condições para uma verdadeira escola a tempo inteiro;

4. Abertura à Comunidade – Criação de condições de abertura de sectores específicos da escola para utilização pela comunidade exterior, com particular ênfase nos espaços de Biblioteca, Conhecimento e da Memória (núcleos museológicos), salas polivalentes (exposições, teatro, cinema, dança) (Fig.7 – Auditório), bar e cantina e nas áreas de desporto (Fig.8 – Área de Desporto Externa);



Fig.7 – Auditório

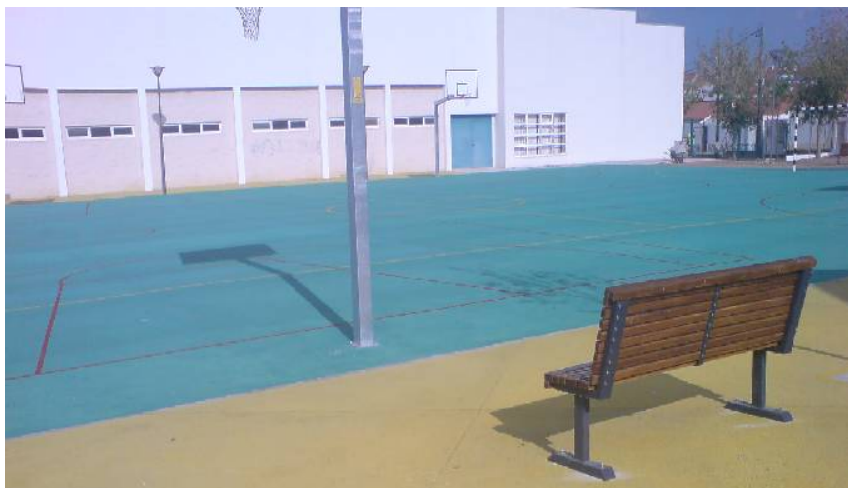


Fig.8 – Área de Desporto Externa

5. Conforto Térmico e Acústico, Eficiência e Auto-suficiência Energética – Cumprimento das novas legislações relacionadas com as “Características de Comportamento Térmico em Edifícios”, “Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios”, “Ruído” e “Desempenho Energético em Edifícios” (Fig.9 – Painéis Solares)



Fig.9 – Painéis Solares

1.5. PROGRAMA DE CONSTRUÇÃO DE ESCOLAS PARA O FUTURO – CASO DE INGLATERRA [19]

A construção de escolas para o Futuro (BSF) é o maior programa de sempre de investimento em edifícios escolares em Inglaterra. O objectivo final do programa é reconstruir praticamente todas as escolas secundárias na Inglaterra.

A Construção de escolas para o Futuro (BSF), envolve vários intervenientes, nomeadamente a comunidade local, de forma a possibilitar que estas tenham um papel activo na definição do padrão de educação secundária, e as intervenções implementadas possam também servir para melhorar as comunidades para as próximas décadas.

Assim, as autoridades locais - com seus recursos, capacidades organizacionais e de infra-estrutura - têm o papel de liderança para estimular o debate com todas as partes interessadas nas suas comunidades locais. Eles são responsáveis por assegurar que a visão colectiva do que as escolas devem proporcionar é efectivamente aquela que será implementada através de BSF.

A Construção de escolas para o Futuro (BSF), pretende não só alterar a experiência educacional para alunos e professores, mas também aumentar as oportunidades sócio-culturais e de aprendizagem ao longo da vida para a comunidade em geral.

1.6. OBJECTIVOS

O presente trabalho debruçou-se essencialmente sobre a componente físico-construtiva, pretendendo identificar, no que diz respeito a esta, os principais aspectos construtivos da remodelação e requalificação de edifícios escolares, reflectindo sobre as opções das soluções construtivas tomadas e caracterizando as mesmas através de uma metodologia de avaliação exigencial baseada em critérios de desempenho. Para desenvolver o trabalho, foram utilizadas, como caso de estudo, cinco escolas pertencentes ao programa de reabilitação de edifícios escolares em Portugal.

1.7. ASPECTOS METODOLÓGICOS

No presente trabalho foram analisadas cinco escolas, de tipologia escolar tipo pavilhonar-base técnica e pavilhonar-blocos 3X3. Em termos de localização geográfica, três escolas situam-se na zona norte do país e as outras duas na zona centro.

As fases de construção em que as escolas se encontravam são diferentes, as duas da zona centro já estavam em funcionamento, e nas outras três escolas estavam a decorrer as obras de reabilitação / requalificação.

Todas as escolas, para além de reabilitação, tiveram uma grande percentagem de construção nova. Esta percentagem é superior nas escolas do norte. No desenvolvimento do trabalho não foi possível separar a parte correspondente à reabilitação / requalificação, da correspondente a construção nova, quer a nível de valores/percentagens dos vários capítulos que fizeram parte da empreitada, quer na parte das soluções construtivas adoptadas.

Foi realizado um trabalho de campo que consistiu em:

- Levantamentos fotográficos da envolvente exterior e interior de algumas das escolas;
- Análise documental dos projectos iniciais (concurso);
- Análise da legislação aplicável;
- Análise de outros documentos técnicos da execução.

1.8. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 1 faz-se um enquadramento geral, um enquadramento histórico, uma apresentação do programa de modernização das escolas, apresenta-se os desafios para a reabilitação do equipamento escolar, o programa de construção de escolas para o futuro – caso de Inglaterra, apresentam-se os objectivos do trabalho, aspectos metodológicos e estruturação do trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se a metodologia utilizada para a avaliação de soluções de reabilitação da envolvente externa, e propõe-se uma metodologia exigencial para a avaliação de soluções de reabilitação de elementos interiores dos edifícios.

No capítulo 3 apresentam-se as escolas que fazem parte de estudo no trabalho.

No capítulo 4 faz-se uma análise global das propostas, uma análise dos subcapítulos do capítulo de arquitectura e uma análise das soluções construtivas correspondentes a alguns subcapítulos do capítulo de arquitectura.

No capítulo 5 faz-se uma análise das soluções construtivas implementadas nas escolas nomeadamente a nível de concepção e soluções técnicas adoptadas.

No capítulo 6 faz-se uma avaliação de desempenho utilizando exigências e níveis de qualidade.

No capítulo 7 desenvolvem-se as conclusões finais do trabalho.

2

AVALIAÇÃO EXIGENCIAL DE EDIFÍCIOS ESCOLARES

2.1. METODOLOGIA EXIGENCIAL DE AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERNA

O trabalho desenvolvido em [1] teve duas vertentes, uma de diagnóstico e compreensão da realidade actual da escolarização da população e dos equipamentos escolares e uma segunda, relevante para este trabalho, de definição de uma estratégia que possibilite uma actuação e implementação das necessárias acções estruturantes.

O diagnóstico deu maior ênfase aos elementos construtivos da envolvente, por considerar ser a zona mais exposta e que condiciona a utilização dos edifícios numa perspectiva de durabilidade e sustentabilidade. Segundo aquele trabalho trata-se de estudar o invólucro do edifício directamente exposto aos agentes de degradação, que deve ser resistente a esses agentes e esteticamente equilibrado. Assim, o trabalho preconizou uma metodologia exigencial que pressupõe o conhecimento das exigências a satisfazer, que possibilite uma selecção exigencial dos elementos ou sistemas construtivos e a avaliação do respectivo desempenho.

Em [1] defende-se que na definição das soluções a adoptar deve procurar-se articular e conciliar interesses divergentes mas que se complementam e em que a aproximação exigencial depende:

- a) Do promotor da reabilitação, adequando as intervenções a efectuar às suas disponibilidades e capacidade financeira real;
- b) Limitações arquitectónicas;
- c) Das exigências previstas na legislação que muitas vezes dificilmente se aplica a intervenções de reabilitação.

No trabalho foi desenvolvido um modelo de avaliação exigencial que consiste em, para cada elemento construtivo, definir um perfil exigencial inicial (antes da intervenção de reabilitação) e um perfil exigencial considerado aceitável ou desejável após a intervenção. Com base nestes dois perfis é efectuada a avaliação das soluções/sistemas adoptados.

A metodologia exigencial explicitada em [1] é aplicável à envolvente, que constitui a fronteira entre o exterior e o interior e que condiciona a habitabilidade e o conforto. As várias exigências e os vários níveis de qualidade foram desenvolvidos para as coberturas, fachadas e envidraçados.

De seguida apresenta-se toda a metodologia exigencial aplicada à envolvente externa de acordo com [1].

2.1.1. REVESTIMENTOS DE FACHADA

EXIGÊNCIA: Isolamento Térmico da Envolvente Opaca Vertical

Para a exigência de isolamento térmico da envolvente opaca vertical, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a comparação do coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo com o valor do coeficiente de transmissão térmica de referência preconizado no RCCTE: $X = U / U_{ref}$. (Quadro 1 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico da Envolvente Opaca Vertical).

Quadro 1 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico da Envolvente Opaca Vertical [1]

Avaliação Exigencial	$X = U / U_{ref}$
5	$X < 0,5$
4	$0,5 \leq X \leq 0,7$
3	$0,7 < X \leq 0,9$
2	$0,9 < X \leq 1,0$
1	$X > 1,0$

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo na Zona de Fachada Opaca

Quadro 2 – Classes de Reacção ao Fogo [1]

Classificação LNEC	Classificação segundo o sistema europeu		
	Classes	Classificação complementar	
		Produção de fumo	Queda de gotas/ partículas inflamadas
M0	A1	-	-
(M0 – Materiais não combustíveis)	A2	S1	d0
M1	A2	Não exigível	d0
(M1 – Materiais não inflamáveis)	B	Não exigível	d0
M2	A2	Não exigível	d1

(M2 – Materiais difícilmente inflamáveis)	B		
	C	Não exigível	d0 d1
M3 (M3 – Materiais moderadamente inflamáveis)	D	Não exigível	d0 d1
M4 (M4 – Materiais facilmente inflamáveis)	A2 B C D	Não exigível	d2
	E	-	S/classificação d2
S/classificação	F	-	-

Para a exigência de comportamento ao fogo, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 3 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo).

Quadro 3 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo [1]

Avaliação Exigencial	Classes de Reacção ao Fogo
4	M0
3	M1
2	M2
1	M3, M4 e S/classificação (F)

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom

2.1.2. VÃOS EXTERIORES (CAIXILHARIA E VIDROS)

EXIGÊNCIA: Estanquidade à Água de Janelas Exteriores

Quadro 4 – Selecção da Classe de Estanquidade à Água de Janelas Exteriores [1]

Classes de certificação	Resultados dos ensaios (Pa)		Cota	FA	FNA					
	P0.33 Deformação	P0.10 Segurança		I e II	Região A			Região B		
					I	II	III	I	II	III
				10	2	3	3	5	3	4
15	2	3	4	6	3	4	7			
Classe Exxx	600<P0.33	750<P0.10	18	3	3	4	6	3	5	7
Classe 9	450< P0.33≤600	600<P0.10≤750	28	3	3	5	7	4	6	7
Classe 8	300< P0.33≤450	450<P0.10≤600	40		4	5	7	4	6	7
Classe 7	250< P0.33≤300	300<P0.10≤450	50		4	6	7	5	7	8
Classe 6	200< P0.33≤250	250<P0.10≤300	60		4	6	7	5	7	8
Classe 5	150< P0.33≤200	200<P0.10≤250	70		5	6	7	6	7	8
Classe 4	100< P0.33≤150	150<P0.10≤200	80		5	7	7	6	7	8
Classe 3	50< P0.33≤100	100<P0.10≤150	90		5	7	8	6	7	8
Classe 2	P0.33≤50	P0.10≤100	100		6	7	8	7	8	8
Classe Exxx – O valor xxx representa o valor máximo de pressão de ensaio para o qual ainda ocorreu a estanquidade do protótipo										
P0.33 – Pressão correspondente a uma velocidade do vento cuja probabilidade de ser excedida num ano é 33%										
P0.13 – Pressão correspondente a uma velocidade do vento cuja probabilidade de ser excedida num ano é 10%										
FA – Fachada abrigada; FNA – Fachada não abrigada.										

A classe 1 é considerada inadequada para utilização exterior, uma vez que corresponde apenas à estanquidade à água sem sujeição do protótipo a pressão de vento.

Para a exigência de estanquidade à água, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 5 – Avaliação Exigencial da Estanquidade à Água de Janelas Exteriores).

Quadro 5 – Avaliação Exigencial da Estanquidade à Água de Janelas Exteriores [1]

Avaliação Exigencial	Classes de Certificação
1	Classe 2 Classe 3 Classe 4
2	Classe 5
3	Classe 6
4	Classe 7
5	Classe 8 Classe 9 Classe Exx

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

EXIGÊNCIA: Controlo da Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores

Quadro 6 – Selecção da Classe de Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores [1]

Classes de certificação	Resultados dos ensaios (Pa)		Cota	FA	FNA					
	P0.10 Deformação	P0.02 Segurança		I e II	Região A			Região B		
					I	II	III	I	II	III
			10	1	1	2	2	1	2	2
			15	1	1	2	2	1	2	2
			18	1	1	2	2	1	2	3
			28	1	1	2	2	2	2	3
			40		2	2	3	2	2	3
			50		2	2	3	2	2	3
			60		2	2	3	2	3	3
			Classe 4	117<P0.10	331<P0.02	70		2	2	3
Classe 3	23<P0.10≤117	64<P0.02≤331	80		2	2	3	2	3	3

Classe 2	$9 < P1 \leq 23$	$25 < P0.02 \leq 64$	90		2	3	3	2	3	3
Classe 1	$P0.10 \leq 9$	$P0.02 \leq 25$	100		2	3	3	2	3	3
<p>P0.10 – Pressão limite para classe de permeabilidade ao ar para caudais máximos de $10 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$</p> <p>P0.02 – Pressão limite para classe de permeabilidade ao ar para caudais máximos de $20 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$</p> <p>FA – Fachada abrigada; FNA – Fachada não abrigada.</p>										

Para a exigência de controlo da permeabilidade do ar, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 7 – Avaliação Exigencial da Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores).

Quadro 7 – Avaliação Exigencial da Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores [1]

Avaliação Exigencial	Classes de Certificação
1	Classe 1
2	Classe 2
3	Classe 3
4	Classe 4
5	Classe 5

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

EXIGÊNCIA: Resistência ao Vento de Janelas Exteriores

Quadro 8 – Selecção da Classe de Resistência ao Vento de Janelas Exteriores [1]

Classes de certificação	Resultados dos ensaios (Pa)		Cota	FA	FNA					
	P1 Deformação	P3 Segurança		I e II	Região A			Região B		
					I	II	III	I	II	III
			10	2	2	3	4	3	3	4
			15	2	2	3	4	3	4	5
			18	2	2	3	4	3	4	5
			28	2	3	4	4	3	4	5
			40		3	4	5	4	5	B
			50		3	4	5	4	5	B

Classe 5	$1600 < P1 \leq 2000$	$2400 < P3 \leq 3000$	60		3	4	5	4	5	B
Classe 4	$1200 < P1 \leq 1600$	$1800 < P3 \leq 2400$	70		4	4	5	4	5	B
Classe 3	$800 < P1 \leq 1200$	$1200 < P3 \leq 1800$	80		4	5	5	4	5	B
Classe 2	$400 < P1 \leq 800$	$600 < P3 \leq 1200$	90		4	5	A	5	A	B
Classe 1	≤ 400	≤ 600	100		4	5	A	5	A	B
<p>A – A utilização de janelas de classe 5 é limitada a alturas até 80m</p> <p>B – A pressão de ensaio excede os valores previstos na norma, sendo necessário o seu cálculo caso a caso.</p> <p>FA – Fachada abrigada; FNA – Fachada não abrigada.</p>										

Para a exigência de resistência ao vento, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 9 – Avaliação Exigencial da Resistência ao Vento de Janelas Exteriores).

Quadro 9 – Avaliação Exigencial da Resistência ao Vento de Janelas Exteriores [1]

Avaliação Exigencial	Classes de Certificação
1	Classe 1
2	Classe 2
3	Classe 3
4	Classe 4
5	Classe 5

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

EXIGÊNCIA: Isolamento Acústico na Zona de Vãos Envidraçados

Para a exigência de isolamento acústico, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 10 – Avaliação Exigencial do Isolamento Acústico).

Quadro 10 – Avaliação Exigencial do Isolamento Acústico [1]

Avaliação Exigencial	Índice de Isolamento Sonoro
5	$D_{2m,n} > 38 \text{ dB}$
4	$33 \text{ dB} < D_{2m,n} \leq 38 \text{ dB}$
3	$28 \text{ dB} \leq D_{2m,n} \leq 33 \text{ dB}$
2	$23 \text{ dB} \leq D_{2m,n} \leq 28 \text{ dB}$

1	$D_{2m,n} < 23 \text{ dB}$
----------	----------------------------

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

EXIGÊNCIA: Isolamento Térmico na Zona de Vãos Envidraçados

Para a exigência de isolamento térmico na zona de vãos envidraçados, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a comparação do coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo com o valor do coeficiente de transmissão térmica de referência preconizado no RCCTE: $X = U / U_{\text{ref}}$. (Quadro 11 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico dos Vãos Envidraçados).

Quadro 11 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico dos Vãos Envidraçados [1]

Avaliação Exigencial	$X = U / U_{\text{ref}}$
5	$X < 0,5$
4	$0,5 \leq X \leq 0,7$
3	$0,7 < X \leq 0,9$
2	$0,9 < X \leq 1,0$
1	$X > 1,0$

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

EXIGÊNCIA: Factor Solar na Zona de Vãos Envidraçados

Para a exigência do factor solar, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 12 – Avaliação Exigencial do Factor Solar de Envidraçados).

Quadro 12 – Avaliação Exigencial do Factor Solar de Envidraçados [1]

Avaliação Exigencial	Zona V1	Zona V2
1	$g \leq 0,15$	$g \leq 0,15$
2	$0,15 < g \leq 0,30$	$0,15 < g \leq 0,30$
3	$0,30 < g < 0,56$	$0,30 < g < 0,56$
4	$g = 0,56$	$g = 0,56$
5	$g > 0,56$	$g > 0,56$

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

2.1.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURAS

EXIGÊNCIA: Isolamento Térmico da Cobertura da Zona Corrente

Para a exigência de isolamento térmico da cobertura da zona corrente, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a comparação do coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo com o valor do coeficiente de transmissão térmica de referência preconizado no RCCTE: $X = U / U_{ref}$. (Quadro 13 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico da Cobertura na Zona Corrente).

Quadro 13 – Avaliação Exigencial do Isolamento Térmico da Cobertura da Zona Corrente [1]

Avaliação Exigencial	$X = U / U_{ref}$
5	$X < 0,5$
4	$0,5 \leq X \leq 0,7$
3	$0,7 < X \leq 0,9$
2	$0,9 < X \leq 1,0$
1	$X > 1,0$

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

2.1.4. PERFIL DE DESEMPENHO [1]

A seguir é apresentado com exemplo um perfil de desempenho de um edifício antes da intervenção e o respectivo perfil de desempenho desejável após a intervenção. O modelo apresentado pode ser seguido para um qualquer edifício escolar (Quadro 14 – Avaliação Exigencial do Desempenho da Envolvente dos Edifícios Escolares – Perfil Actual e Perfil Desejável).

Quadro 14 – Avaliação Exigencial do Desempenho de Elementos da Envolvente dos Edifícios Escolares – Perfil Inicial e Perfil Desejável [1]

PERFIL INICIAL						PERFIL DESEJÁVEL					
Elementos Verticais: Parte Opaca						Elem. Verticais: Parte Opaca					
1	Isolamento Térmico					1					
2	Comportamento ao fogo				-	2					-
Elementos Verticais: Envidraçados						Elem. Verticais: Parte Opaca					
3	Estanquidade à Água					3					

4	Controlo da Permeabilidade ao Ar				
5	Resistência ao Vento				
6	Isolamento Acústico				
7	Isolamento Térmico				
8	Factor Solar Máximo				

4					
5					
6					
7					
8					

Cobertura: Elementos Horizontais		1	2	3	4	5
9	Isolamento Térmico					

Elem. Verticais: Parte Opaca		1	2	3	4	5
9						

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

2.2. PROPOSTA DE METODOLOGIA EXIGENCIAL DE AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DE ELEMENTOS INTERNOS DOS EDIFÍCIOS

A avaliação exigencial desenvolvida em [1] aplica-se apenas aos elementos construtivos da envolvente externa: fachada opaca, vãos envidraçados e cobertura.

Para os restantes elementos construtivos cuja avaliação faz parte deste trabalho, nomeadamente paredes divisórias, revestimentos de pavimentos e revestimentos de tectos, foi necessário desenvolver uma proposta de avaliação exigencial.

Assim, as exigências para cada elemento foram definidas, consultando documentos regulamentares e normativos bem como publicações técnico-científicas. A caracterização das soluções/sistemas iniciais (antes da intervenção) foi efectuada com base na análise de documentos contratuais e fotografias da construção inicial.

2.2.1. PAREDES DIVISÓRIAS

EXIGÊNCIA: Isolamento Acústico

Quadro 15 - Índice de Isolamento Sonoro a Sons de Condução Aérea

Locais de recepção	Salas de aulas, de professores, administrativas	Bibliotecas e gabinetes médicos	Salas polivalentes
Locais de Emissão			
Salas de aulas, de professores, administrativas	≥ 45 dB	≥ 45 dB	≥ 45 dB

Salas de aula musical, salas polivalentes, refeitórios, ginásios e oficinas	≥ 55 dB	≥ 58 dB	≥ 50 dB
Corredores de grande circulação	≥ 30 dB + 15 dB se não existir porta	≥ 35 dB + 15 dB se não existir porta	≥ 30 dB + 15 dB se não existir porta

Para a exigência de isolamento acústico (Salas de aulas, de professores, administrativas), considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 16 – Avaliação Exigencial do Isolamento Acústico).

Quadro 16 – Avaliação Exigencial do Isolamento Acústico

Avaliação Exigencial	Índice de Isolamento Sonoro
5	$D_{2m,n} > 58$ dB
4	$55 \text{ dB} < D_{2m,n} \leq 58$ dB
3	$48 \text{ dB} < D_{2m,n} \leq 55$ dB
2	$45 \text{ dB} \leq D_{2m,n} \leq 48$ dB
1	$D_{2m,n} < 45$ dB

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo das Paredes Divisórias

Quadro 17 – Classes de Reacção ao Fogo

Classificação LNEC	Classificação segundo o sistema europeu		
	Classes	Classificação complementar	
		Produção de fumo	Queda de gotas/ partículas inflamadas
M0 (M0 – Materiais não combustíveis)	A1	-	-
	A2	S1	d0
M1 (M1 – Materiais não inflamáveis)	A2	Não exigível	d0
	B	Não exigível	d0
M2	A2	Não exigível	d1

(M2 – Materiais difícilmente inflamáveis)	B		
	C	Não exigível	d0 d1
M3 (M3 – Materiais moderadamente inflamáveis)	D	Não exigível	d0 d1
M4 (M4 – Materiais facilmente inflamáveis)	A2	Não exigível	d2
	B		
	C		
	D		
	E		S/classificação d2
S/classificação	F	-	-

Para a exigência de comportamento ao fogo, considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 18 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo).

Quadro 18 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo

Avaliação Exigencial	Classes de Reacção ao Fogo
4	M0
3	M1
2	M2
1	M3, M4 e S/classificação (F)

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom

2.2.2. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo dos Pavimentos

Quadro 19 – Classes de Reacção ao Fogo

Classificação LNEC	Classificação segundo o sistema europeu	
	Classes	Classificação complementar
		Produção de fumo
M0 (M0 – Materiais não combustíveis)	A1 _{FL}	-
	A2 _{FL}	S1
M1 (M1 – Materiais não inflamáveis)	A2 _{FL}	Não exigível
	B _{FL}	Não exigível
M2 (M2 – Materiais dificilmente inflamáveis)	C _{FL}	Não exigível
M3 (M3 – Materiais moderadamente inflamáveis)	D _{FL}	Não exigível
M4 (M4 – Materiais facilmente inflamáveis)	E _{FL}	-
S/classificação	F _{FL}	-

Para a exigência de comportamento ao fogo, considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 20 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo).

Quadro 20 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo

Avaliação Exigencial	Classes de Reacção ao Fogo
4	M0
3	M1
2	M2
1	M3, M4 e S/classificação (F)

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom

2.2.3. REVESTIMENTOS DE TECTOS

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo dos Tectos

Quadro 21 – Classes de Reacção ao Fogo

Classificação LNEC	Classificação segundo o sistema europeu		
	Classes	Classificação complementar	
		Produção de fumo	Queda de gotas/ partículas inflamadas
M0 (M0 – Materiais não combustíveis)	A1	-	-
	A2	S1	d0
M1 (M1 – Materiais não inflamáveis)	A2	Não exigível	d0
	B	Não exigível	d0
M2 (M2 – Materiais dificilmente inflamáveis)	A2	Não exigível	d1
	B		
	C	Não exigível	d0 d1
M3 (M3 – Materiais moderadamente inflamáveis)	D	Não exigível	d0 d1
M4 (M4 – Materiais facilmente inflamáveis)	A2	Não exigível	d2
	B		
	C		
	D		
	E		S/classificação d2
S/classificação	F	-	-

Para a exigência de comportamento ao fogo, considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 22 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo).

Quadro 22 – Avaliação Exigencial da Reacção ao Fogo

Avaliação Exigencial	Classes de Reacção ao Fogo
4	M0
3	M1
2	M3 (pisos até 9 m de altura), M2 (pisos > 9m)
1	M4 e S/classificação (F)

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom

EXIGÊNCIA: Isolamento Acústico

Para a exigência de isolamento acústico (Salas de aulas, de professores, administrativas), considerou-se para a avaliação exigencial a seguinte correspondência (Quadro 23 – Avaliação Exigencial da Absorção Acústica).

Quadro 23 – Avaliação Exigencial da Absorção Acústica

Avaliação Exigencial	Absorção Sonora (α_m)
5	$\alpha_m > 0,8$
4	$0,6 < \alpha_m \leq 0,8$
3	$0,4 < \alpha_m \leq 0,6$
2	$0,2 \leq \alpha_m \leq 0,4$
1	$\alpha_m < 0,20$

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

2.2.4. PERFIL DE DESEMPENHO

No quadro 24 apresenta-se a proposta para um perfil de desempenho exemplo de um edifício antes da intervenção e o perfil de desempenho proposta do desejável após a intervenção.

Quadro 24 - Avaliação Exigencial do Desempenho de Elementos Interiores dos Edifícios Escolares – Perfil Inicial (Exemplo) e Perfil Desejável (Proposta)

PERFIL INICIAL (EXEMPLO)

Paredes Divisórias	Avaliação Exigencial antes da intervenção				
Exigências	1	2	3	4	5
Isolamento Acústico					
Comportamento ao Fogo					-

Revestimento de Pavimentos	Avaliação Exigencial antes da intervenção				
Exigências	1	2	3	4	5
Comportamento ao Fogo					-

Revestimento de Tectos	Avaliação Exigencial antes da intervenção				
Exigências	1	2	3	4	5
Comportamento ao Fogo					-
Isolamento Acústico					

PERFIL DESEJÁVEL (PROPOSTA)

Paredes Divisórias	Avaliação Exigencial actual Desejável				
Exigências	1	2	3	4	5
Isolamento Acústico					
Comportamento ao Fogo					-

Revestimento de Pavimentos	Avaliação Exigencial actual Desejável				
Exigências	1	2	3	4	5
Comportamento ao Fogo					-

Revestimento de Tectos	Avaliação Exigencial actual Desejável				
Exigências	1	2	3	4	5
Comportamento ao Fogo					-
Isolamento Acústico					

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

3

APRESENTAÇÃO DAS ESCOLAS

3.1. ENQUADRAMENTO

Duas das escolas analisadas no trabalho já se encontravam em fase de utilização (Escola A e Escola B) as restantes três escolas encontravam-se em fase de construção.

Todas as escolas são de tipologia escolar pavilhonar, sendo três delas do tipo pavilhonar-blocos 3X3, e as outras duas do tipo pavilhonar-base técnica (Quadro 25 – Tipo de Escolas).

Todas as escolas para além da componente de reabilitação / requalificação, também tiveram uma percentagem elevada de construção nova de modo a que se adequem às necessidades actuais, com novas funcionalidades e valências.

Quadro 25 – Tipo de Escolas

Local	Escola	Tipologia Escolar
Zona Centro Portugal	Escola A	Pavilhonar – Blocos 3X3
	Escola B	Pavilhonar – Blocos 3X3
Zona Norte Portugal	Escola C	Pavilhonar – Base Técnica
	Escola D	Pavilhonar – Blocos 3X3
	Escola E	Pavilhonar – Base Técnica

3.2. ESCOLA A [5]

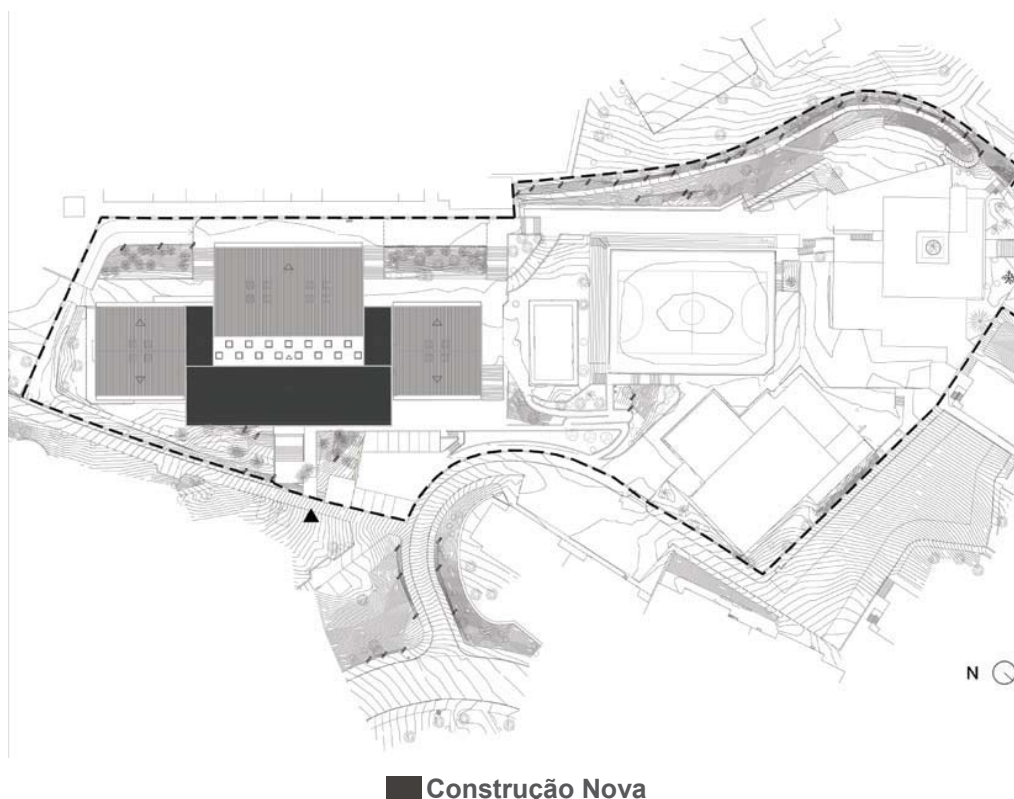


Fig.10 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova

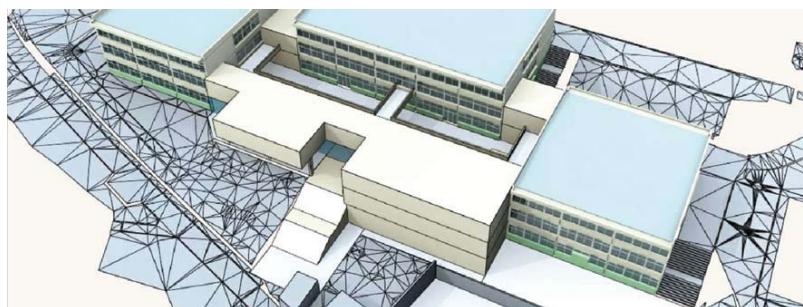


Fig.11 – Maquete da Escola

A Escola Secundária localiza-se no concelho de Lisboa. Antes da intervenção de reabilitação a que foi alvo era composta por três edifícios.

O espaço livre entre os edifícios permitia aceder de nível aos 3 corpos existentes, sendo utilizado como recreio exterior, precariamente coberto.

A intervenção realizada permitiu aglutinar os 3 corpos existentes, criando-se um edifício único através da construção do novo bloco e dos corpos de ligação (Fig.10 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova) (Fig.11 – Maquete da Escola).

O novo bloco desenvolve-se em 3 pisos no sentido sul/norte, acompanhando os edifícios existentes, sendo constituído por 1 piso semi-enterrado e 3 pisos elevados apresentando configuração em planta aproximadamente rectangular com cerca de 50,0mx14,40m.

Os 2 pisos superiores são ocupados com os laboratórios e salas TIC, com um vazio central a 3 pisos, contínuo e coberto por uma clarabóia, que influencia positivamente a qualidade ambiental de todo o interior da escola.

A construção de 2 edifícios com 3 pisos localizados entre edifícios A-B e C-B permitiu a ligação do bloco B aos blocos A e C.

Os blocos existentes A, B e C foram reparados e remodelados de acordo com o projecto, o que consistiu na remodelação de paredes e acabamentos sem alteração física do espaço.

Os materiais utilizados nas salas permitiu uma melhoria das condições de conforto e habitabilidade, dispondo de ar condicionado. As salas dos edifícios existentes passaram a dispor de melhor comportamento térmico do edifício, tais como a utilização do sistema de cobertura invertida, da execução de revestimento de paredes exteriores e tratamento de vigas do bloco novo.

A intervenção nesta escola incluiu ainda a eliminação de chapas de fibrocimento nos edifícios existentes.

A circulação entre espaços foi pensada de forma a permitir não só a circulação de deficientes, como também a utilização de instalações sanitárias devidamente equipadas. A escola disporá de 1 elevador garantindo o acesso ao piso superior da escola.

Quanto aos arranjos exteriores, os pavimentos exteriores da escola foram remodelados. Os pavimentos existentes compostos por lajetas pré-fabricadas de betão foram substituídos por betão poroso pintado e nalguns locais de tráfego de veículos por betuminoso.

No quadro seguinte (Quadro 26 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola) é apresentado uma síntese da intervenção realizada em cada bloco assim, como as novas Funcionalidade ou valências desse mesmo bloco na escola.

Quadro 26 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola

Bloco	Intervenção	Funcionalidades
A	Reabilitação	Salas de aulas
B	Reabilitação	Salas de aulas, cozinha e refeitório (Fig.12 – Sala de Aulas e Cozinha)
C	Reabilitação	Serviços administrativos, direcção da escola, reprografia, salas de professores (Fig.13 – Sala dos Professores)
D	Novo	Salas de aulas, laboratórios e salas de alunos (Fig.14 – Laboratórios e Salas TIC)

Nas figuras seguintes são apresentadas algumas imagens da escola após a intervenção.



Fig.12 – Salas de Aulas e Cozinha



Fig.13 – Sala dos Professores



Fig.14 – Laboratórios e Salas TIC

3.3. ESCOLA B [5]

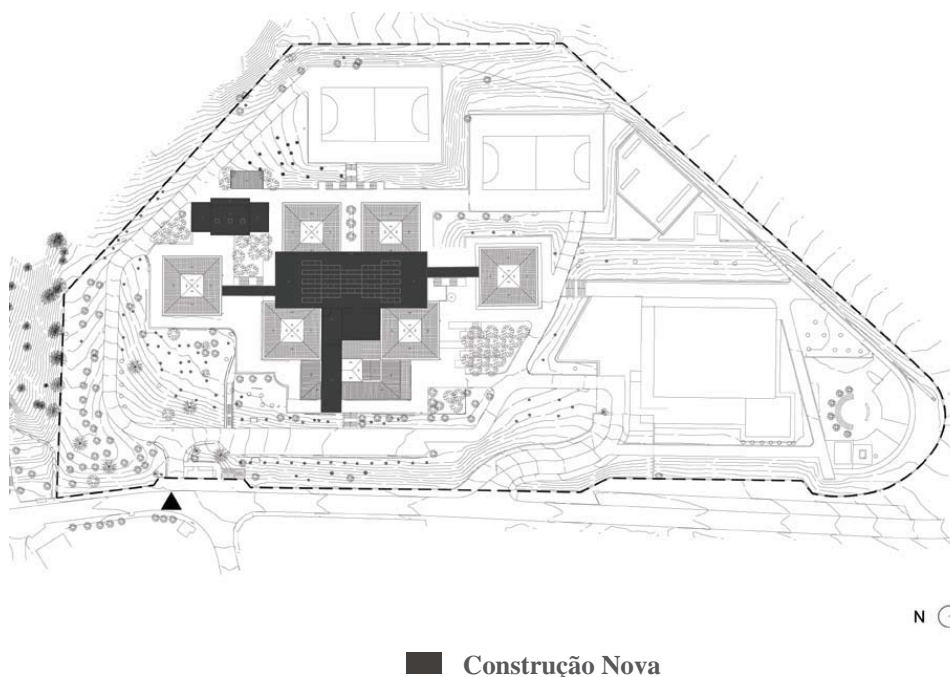


Fig.15 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova

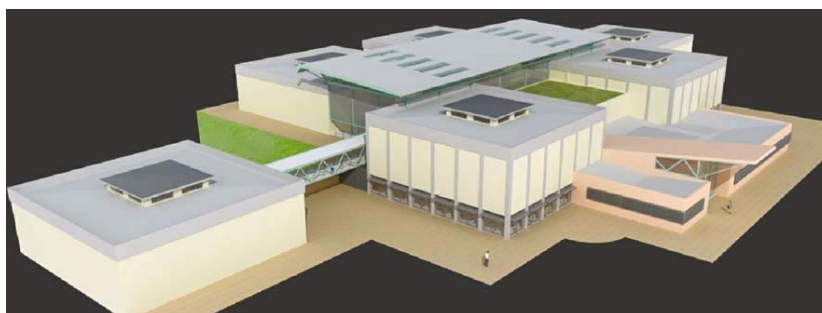


Fig.16 – Maquete da Escola

A escola secundária situa-se em Odivelas e é actualmente constituída por um conjunto de edifícios, actualmente designados de A a G implantados em níveis distintos. A intervenção realizada consistiu na criação de um edifício único. (Fig.15 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova) (Fig.16 – Maquete da Escola).

A intervenção foi a seguinte:

- Construção a sudoeste de um novo edifício (G) onde se localizam as novas oficinas com balneários. Este edifício é constituído por um piso semi-enterrado, um piso elevado e cobertura;
- Recuperação e remodelação do bloco A, onde se localizam as salas de aulas dos cursos técnicos (Fig.17 – Zonas de Circulação);

- Recuperação e remodelação dos blocos B, C e D onde existem os serviços administrativos, a cozinha, o refeitório, a entrada principal, o auditório, a mediateca, salas de aulas e desenho, instalações sanitárias, salas de professores, pessoal e arquivo, bar e associação de estudantes (Fig.18 – Biblioteca) (Fig.19 – Sala de Aulas) (Fig.20 – Exterior Bloco B).

O bloco D foi sujeito a uma grande componente de construção nova. Para a construção da entrada principal, foi necessário executar a demolição de vigas e laje, na zona da sua implementação e decorrente desta demolição houve a necessidade de proceder ao reforço de uma das vigas existentes (Fig.21 – Secretaria) (Fig.22 – Auditório).

- Recuperação e remodelação dos blocos E e F onde funcionam os laboratórios (Fig.23 – Exterior Bloco F).

- Recuperação e remodelação do bloco G onde existem as salas TIC (Fig.24 – Sala TIC).

- Execução de passadiços metálicos cobertos de ligação dos blocos A e G (passagens pedonais).

- Execução de uma cobertura metálica do átrio central com uma área de aproximadamente 1277 m².

- Construção de uma portaria que inclui o PT e um comportamento para armazenamento de resíduos

- Reabilitação dos espaços exteriores.

Além de um novo auditório, a escola foi dotada de uma actualização de todo o mobiliário e equipamento (informático, laboratório, oficinas), adequando-a às necessidades actuais e às condições necessárias para melhor desenvolver o processo de ensino e aprendizagem.

Os materiais utilizados nas salas permitem uma melhoria das condições de conforto e habitabilidade, dispondo de ar condicionado. As salas dos edifícios existentes passaram a dispor de melhor comportamento térmico.

A intervenção nesta escola incluiu ainda a eliminação de chapas de fibrocimento nos edifícios existentes.

A circulação entre espaços foi pensada de forma a permitir não só a circulação de deficientes, como também a utilização de instalações sanitárias devidamente equipadas.

Quanto aos arranjos exteriores irão sofrer uma remodelação, quer quanto à forma (relocalização a entrada da escadaria de entrada na escola), quer dos materiais utilizados.

No quadro seguinte (Quadro 27 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola) é apresentado uma síntese da intervenção realizada em cada bloco assim, como as novas Funcionalidade ou valências desse mesmo bloco na escola.

Quadro 27 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola

Bloco	Novo	Reabilitação	Funcionalidades
A		X	Salas de aulas dos cursos técnicos
B		X	Serviços administrativos, cozinha, refeitório, entrada principal, auditório, mediateca, salas de aulas e desenho, instalações sanitárias, salas de professores, pessoal e arquivo, bar e associação de estudantes
C		X	
D	X	X	
E		X	Laboratórios
F		X	Laboratório
G		X	Salas TIC
H	X		Oficinas e balneários
Portaria	X		Portaria, PT e armazenamento de resíduos

Nas figuras seguintes são apresentadas algumas imagens da escola antes e depois da intervenção.



Fig.17 – Antes / Depois da intervenção – Zonas de Circulação_Bloco A



Fig.18 – Antes / Depois da intervenção – Biblioteca_Bloco B



Fig.19 – Antes / Depois da intervenção – Sala de Aulas_Bloco B



Fig.20 – Antes / Depois da intervenção – Exterior_Bloco B



Fig.21 – Antes / Depois da intervenção - Secretaria_Bloco D



Fig.22 – Antes / Depois da intervenção - Auditório_Bloco D



Fig.23 – Antes / Depois da intervenção – Exterior_Bloco F



Fig.24 – Antes / Depois da intervenção – Sala TIC_Bloco G

3.4. ESCOLA C [5]

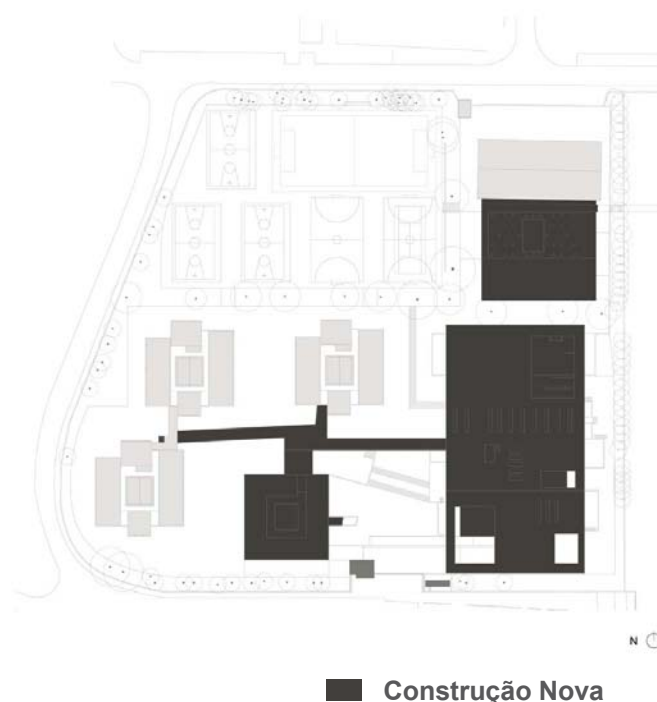


Fig.25 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova

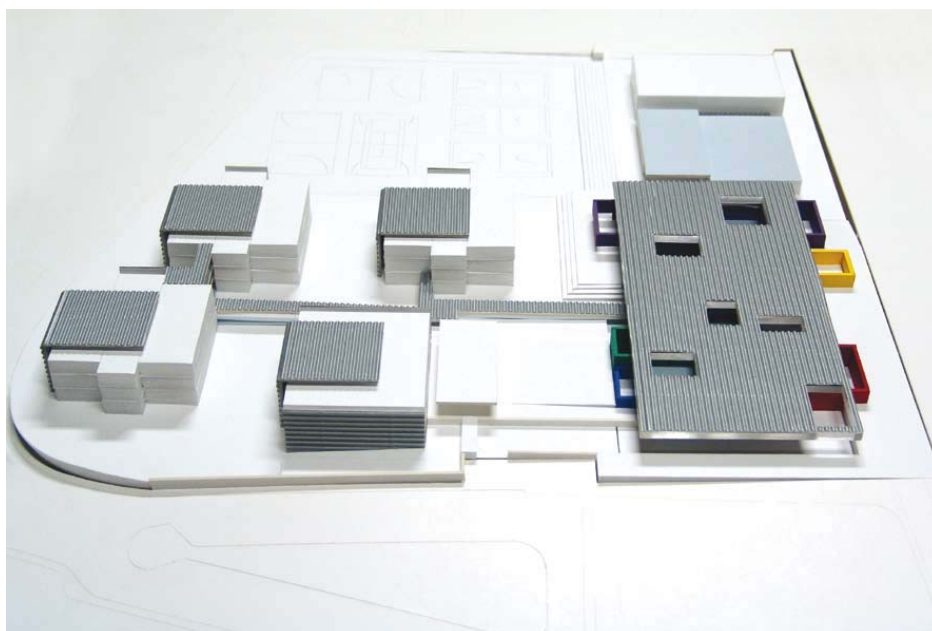


Fig.26 – Maquete da Escola

A intervenção caracteriza-se pela remodelação das instalações existentes, ao nível do seu reordenamento interior, beneficiação dos revestimentos interiores e exteriores, manutenção das

condições estruturais, remodelação integral das infra-estruturas eléctricas, telecomunicações, águas e esgotos.

O conjunto de construções, do tipo pavilhonar, distribuem-se pelo recinto de forma algo aleatória, quer ao nível da organização e clareza do conjunto, quer ao nível das cotas de implantação, estando ligados entre si por galerias cobertas.

Assim o projecto foi orientado no sentido de eliminar a solução de galerias – espaços bastante desprotegidos e desconfortáveis, sobretudo no Inverno, através da criação de um edifício único (Fig.25 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova) (Fig.26 – Maquete da Escola).

O pavilhão gimnodesportivo foi englobado nesta nova filosofia, estando também ele ligado (Fig.27 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo).

Foram criados novos espaços (lectivos e não-lectivos), tais como um novo pavilhão de aulas, um corpo destinados à instalação da totalidade dos serviços da escola, nos recintos destinados à prática do desporto incluindo novos balneários (Fig.28 – Construção dos Novos Balneários).

A acessibilidade a pessoas com dificuldades motoras foi assegurada em todo o edifício, quer pelo recurso a meios mecânicos, quer através da criação de rampas de piso.

Fez ainda parte da intervenção a requalificação de todos os arranjos exteriores.

No quadro seguinte (Quadro 28 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola) é apresentado uma síntese da intervenção realizada em cada bloco assim, como as novas Funcionalidade ou valências desse mesmo bloco na escola.

Quadro 28 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola

Bloco	Novo	Reabilitação	Funcionalidades
A		X	Pavilhão de aulas existentes (Fig.29 – Intervenção nos Edifícios de Aulas Existentes)
B		X	Pavilhão de aulas existentes (Fig.29 – Intervenção nos Edifícios de Aulas Existentes)
C		X	Pavilhão de aulas existentes (Fig.29 – Intervenção nos Edifícios de Aulas Existentes)
D	X		Novo pavilhão de aulas
E	X		Novo corpo central instalado a quase totalidade dos serviços da escola
F	X		Nova portaria e galeria interior de circulação do Corpo E para todos os pavilhões de aulas
G	X		Novos balneários e ginásio e compartimentos associados (Fig.28 – Construção dos Novos Balneários)
	X		Novas superfícies/recintos de jogos
		X	Pavilhão Gimnodesportivo (Fig.27 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo)

Nas figuras seguintes são apresentadas algumas imagens da intervenção na escola.



Fig.27 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo



Fig.28 – Construção dos Novos Balneários



Fig.29 – Intervenção nos Edifícios de Aulas Existentes

3.5. ESCOLA D [5]

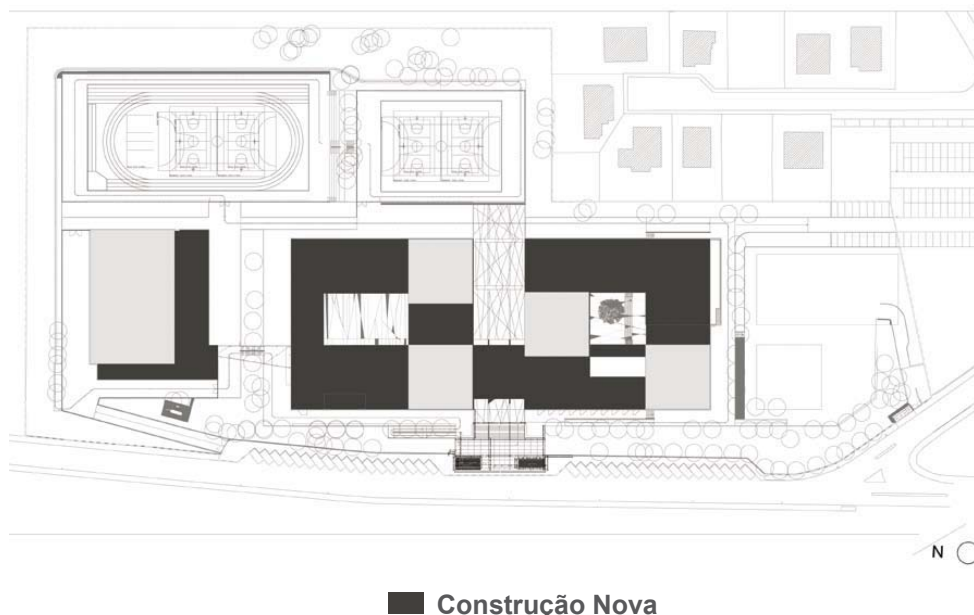


Fig.30 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova

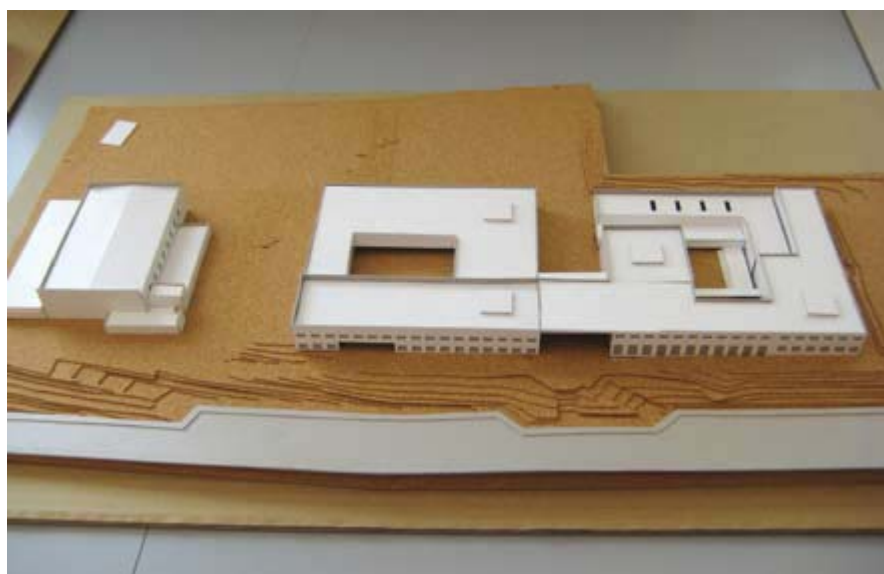


Fig.31 – Maquete da Escola

A intervenção caracteriza-se pela remodelação das instalações existentes, ao nível do seu reordenamento interior, beneficiação dos revestimentos interiores e exteriores, manutenção das condições estruturais, remodelação integral das infra-estruturas eléctricas, telecomunicações, águas e esgotos. A recuperação do pavilhão gimnodesportivo e execução de arranjos exteriores.

A construção nova destina-se essencialmente à criação de novas salas de ensino, bem como a ligação interior a todos os blocos, tornando a escola num único edifício (Fig.30 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova) (Fig.31 – Maquete da Escola).

O conjunto de construções, do tipo pavilhonar, distribuem-se pelo recinto de forma algo desordenada, quer ao nível da organização e clareza do conjunto, quer ao nível das plataformas em que estão implantados os diversos edifícios, que se encontram ligados entre si por uma série de percursos cobertos.

A escola é constituída por 4 pavilhões A, C e B, do tipo base técnica, com três a dois pisos, um edifício térreo AD com um piso suplementar, com ocupação parcial, contendo as áreas comuns (cantina, bar e cozinha) e o sector administrativo, um pavilhão gimnodesportivo, e ainda uma área desportiva constituída por um polidesportivo de ar livre, um parque de estacionamento e áreas significativas de mata e jardim envolventes, com uma arborização particularmente interessante.

Do ponto de vista dos arranjos exteriores e tratamento dos espaços verdes, foram tomadas medidas no sentido da resolução dos conflitos existentes e tornar o equipamento mais confortável.

No que respeita aos edifícios, o projecto foi orientado no sentido de eliminar a solução de galerias cobertas, foi construído um edifício único, organizado em três e dois pisos, interligando as diferentes cotas e plataformas, construindo um conjunto articulado de funções e acessibilidades segundo uma nova unidade espacial e construtiva (Fig.31 – Início da Construção do Novo Edifício com Ligação aos Existentes).

Para a concretização do projecto, e tendo em conta a exiguidade do espaço necessário à quase duplicação da área da escola, foi necessário optar pela demolição total do edifício central AD, de forma a libertar espaço para a ligação física dos restantes blocos, e a demolição parcial e selectiva dos pavilhões remanescentes, procurando adoptar os seus espaços ao novo programa, bem assim como a demolição total das galerias.

O pavilhão gimnodesportivo sofreu também uma demolição parcial, em virtude das novas necessidades do programa e da fraca qualidade dos seus espaços anexos, nomeadamente dos balneários que fez parte da nova construção (Fig.33 – Reabilitação do Pavilhão Gimnodesportiva e Construção dos Novos Balneários).

O novo edifício procurou uma nova formulação, unindo os antigos blocos A e C, através de um volume com idêntica altura (Fig.32 – Início da Construção do Novo Edifício e Reabilitação do Existente).

Foi mantida a integridade e a expressão formal dos edifícios existentes, optando a nova construção por uma linguagem de complementaridade e de diálogo, ao nível do tratamento dos volumes, teoria de aberturas e vãos e materiais de revestimento.

A acessibilidade a deficientes foi assegurada em todo o edifício, sendo a sua entrada localizada um pouco a norte da escadaria principal, numa zona dotada de meios de elevação mecânica. Noutros pontos houve a necessidade de prever rampas, para ligação aos diferentes espaços.

No quadro seguinte (Quadro 29 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola) é apresentado uma síntese da intervenção realizada em cada bloco assim, como as novas Funcionalidade ou valências desse mesmo bloco na escola.

Quadro 29 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola

Bloco	Novo	Reabilitação	Funcionalidades
A, B, C, D	X	X	Construção de edifício único (todas as salas e serviços da escola) (Fig.31 – Início da Construção do Novo Edifício com Ligação aos Existentes)
AD	X		Cantina, bar, cozinha e sector administrativo
	X	X	Pavilhão Gimnodesportivo e balneários (Fig.31 – Reabilitação do Pavilhão e Construção dos Balneários)
		X	Zona exterior

Nas figuras seguintes são apresentadas algumas imagens da intervenção na escola.



Fig.32 – Início da Construção do Novo Edifício com Ligação aos Existentes



Fig.33 – Reabilitação do Pavilhão Gimnodesportiva e Construção dos Novos Balneários



Fig.34 – Reabilitação dos Edifícios Existente (Fachada)



Fig.35 – Reabilitação dos Edifícios Existentes (Envolvente Interior)

3.6. ESCOLA E [5]

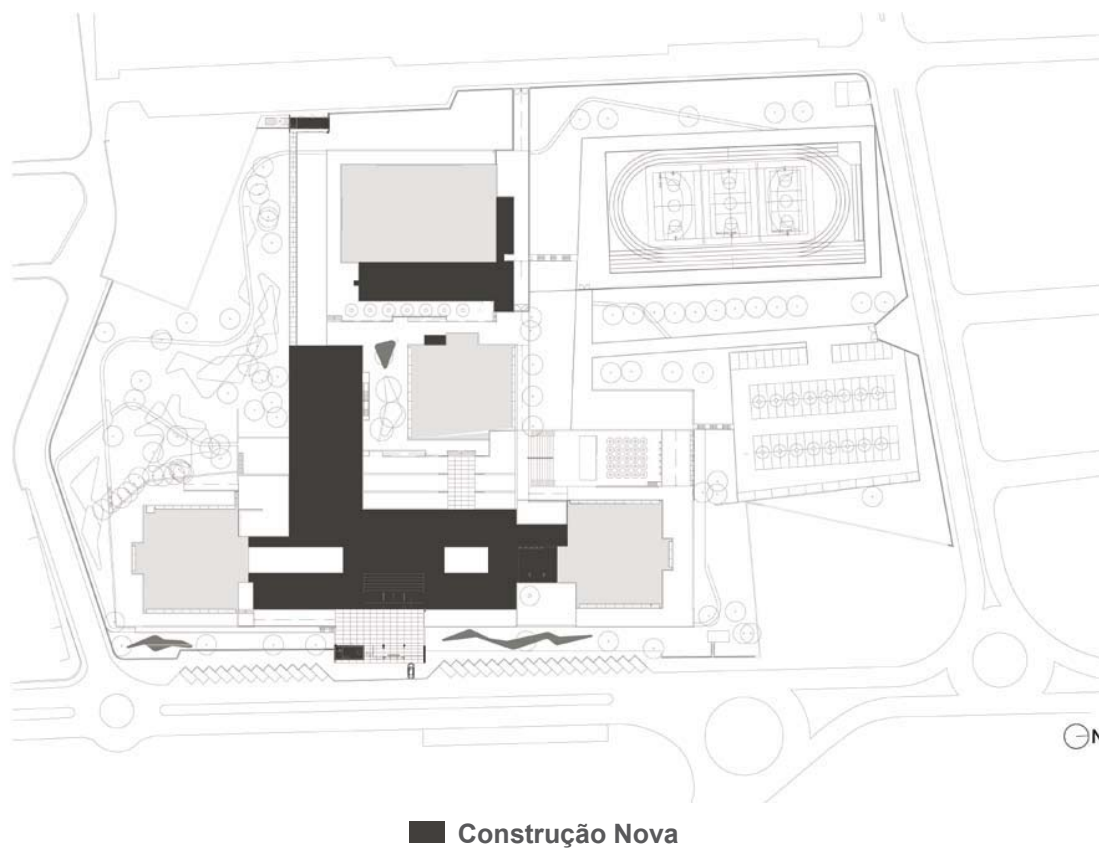


Fig.36 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova

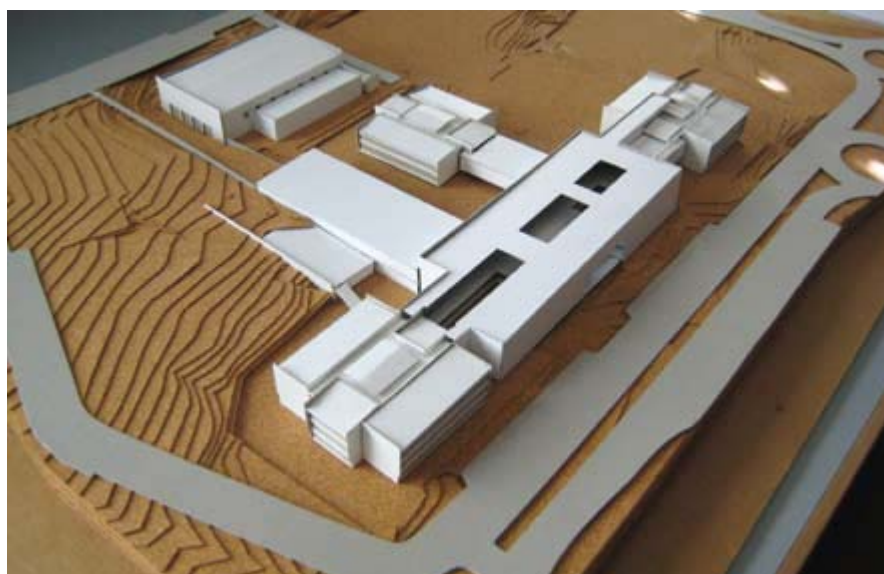


Fig.37 – Maquete da Escola

A intervenção caracteriza-se pela remodelação das instalações existentes, tendo como principal objectivo a união dos vários blocos, pertencendo a um só edifício. Esta alteração faz com que seja alterado todos os revestimentos, interiores e exteriores, mantendo as condições estruturais, remodelação integral das infra-estruturas eléctricas, telecomunicações, águas e esgotos. Construção de novos edifícios, recuperação do campo de jogos coberto e execução de arranjos exteriores.

O conjunto de construções, do tipo pavilhonar, distribuem-se pelo recinto de forma algo aleatória, quer ao nível da organização e clareza do conjunto, quer ao nível das cotas de implantação, estando ligados entre si por galerias cobertas.

É constituído por 4 pavilhões A, B, C e D, do tipo 3x3, com dois pisos, um edifício térreo AD contendo as áreas comuns (cantina, bar e cozinha) e um pavilhão gimnodesportivo, havendo ainda dois polidesportivos de ar livre, um parque de estacionamento e áreas ajardinadas envolventes.

Partindo do conjunto dos problemas detectados, da caracterização da escola e das necessidades do programa, foi definido um conjunto de princípios que balizaram a intervenção, e que procuraram acabar com a atomização do programa e a sua distribuição por espaços separados.

Assim o projecto foi orientado no sentido de eliminar a solução de galerias – espaços bastante desprotegidos e desconfortáveis, sobretudo no Inverno, através da construção de um edifício único, organizado em dois pisos, ligando as diferentes cotas e plataformas, construindo um conjunto articulado de funções e acessibilidades numa nova unidade espacial e construtiva (Fig.36 – Planta da Escola com Indicação da Construção Nova) (Fig.37 – Maquete da Escola).

O pavilhão gimnodesportivo foi englobado nesta nova filosofia, sendo também ele, ligado por uma galeria coberta, respeitando, no entanto, a especificidade do programa e a necessidade de algum afastamento e resguardo.

Para a concretização do projecto, e tendo em conta a exiguidade do espaço necessário à quase duplicação da área da escola, foi necessário optar pela demolição total do edifício térreo AD, de forma a libertar espaço para a ligação física dos restantes blocos, e a demolição parcial e selectiva dos pavilhões remanescentes, procurando adaptar os seus espaços ao novo programa.

O pavilhão gimnodesportivo sofreu também uma demolição parcial, em virtude das novas necessidades do programa e da fraca qualidade dos seus espaços anexos (Fig.38 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo) (Fig.39 – Construção dos Novos Balneários).

O novo edifício procurou na sua nova formulação, englobar a geometria potencial definida pelos blocos, sendo criada uma estrutura abrangente, que resultou na aparente perda de identidade dos seus componentes, em função de uma nova imagem de conjunto (Fig.40 – Início da Construção do Novo Edifício e Reabilitação dos Existentes). Assim, o edifício caracteriza-se pela criação de dois grandes volumes construídos em volta de pátios – com características de espaços ambientais e de uso mais restrito – articulados por um espaço de entrada, de dupla altura, que constitui o grande eixo de simetria da construção, com origem na zona da portaria e que é rematado junto aos campos desportivos.

A acessibilidade a pessoas com dificuldades motoras foi assegurada em todo o edifício, quer pelo recurso a meios mecânicos – um elevador situado próximo do átrio – quer através de rampas de piso, que vencem as pequenas diferenças de cotas resultantes da ligação dos vários corpos.

No quadro seguinte (Quadro 30 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola) é apresentada uma síntese da intervenção realizada em cada bloco assim, como as novas Funcionalidade ou valências desse mesmo bloco na escola.

Quadro 30 – Novas Funcionalidades / Valências da Escola

Bloco	Novo	Reabilitação	Funcionalidades Futuras
A, B, C, D	X	X	Construção de edifício único (todas as salas e serviços da escola) (Fig.40 – Início da construção do Novo Edifício e Reabilitação dos Existentes)
AD	X		Cantina, bar e cozinha
	X		Pavilhão Gimnodesportivo e balneários (Fig.38 – Intervenção no Pavilhão) (Fig.39 – Construção dos Novos Balneários)
		X	Zona exterior

Nas figuras seguintes são apresentadas algumas imagens da intervenção na escola.



Fig.38 – Intervenção no Pavilhão Gimnodesportivo



Fig.39 – Construção dos Novos Balneários



Fig.40 – Início da construção do Novo Edifício e Reabilitação dos Existentes

3.7. SÍNTESE

Todas as escolas objecto deste trabalho, são de tipologia de escola pavilhonar, três são do tipo pavilhonar-blocos 3X3 e duas do tipo pavilhonar-base técnicas. As escolas da zona Norte tiveram uma grande percentagem de construção nova muito superior às da zona centro.

A intervenção nas cinco escolas foi orientada no sentido de eliminar a solução de galerias, espaços bastante desprotegidos e desconfortáveis, sobretudo no Inverno, tornando as escolas num único edifício.

A ampliação das escolas através da construção nova, veio criar novos espaços e funcionalidades (lectivas e não-lectivas), que respondem às necessidades actuais do processo de ensino e aprendizagem, assim como a criação de espaços específicos para permitir a abertura da escola à comunidade envolvente, tais como salas polivalentes e áreas de desporto.

Os pavilhões gimnodesportivos das três escolas da zona Norte também foram englobados nesta nova filosofia, respondendo às especificidades do programa e às necessidades actuais.

A reabilitação dos edifícios existentes, pretendem proporcionar uma melhoria das condições de conforto e habitabilidade, assim como de conforto térmico e acústico.

A intervenção em todas as escolas incluiu a eliminação de todas as chapas de fibrocimento existentes, quer nos edifícios quer de ligação entre os diferentes pavilhões.

As circulações em todos os espaços das escolas foram adequadas, de forma a permitir a circulação a pessoas com mobilidade reduzidas ou necessidades especiais, assim como a adequação de instalações sanitárias próprias devidamente equipadas. Em algum dos casos o acesso criado faz-se através de meios de elevação mecânicos.

Para além dos edifícios, os arranjos exteriores também foram alvo de requalificação, em alguns dos casos, quer quanto à forma, quer a nível dos materiais utilizados.

4

ANÁLISE DAS PROPOSTAS

4.1. ANÁLISE GLOBAL DAS PROPOSTAS

Neste capítulo é efectuada uma análise às propostas das cinco escolas que fazem parte do trabalho.

Na figura seguinte é apresentado o valor total da proposta das cinco escolas (Fig.41 – Valor Total da Proposta). As escolas localizadas no centro do país correspondem às Escolas A e Escola B, as restantes três escolas, Escola C, Escola D, Escola E, localizam-se no norte do país.

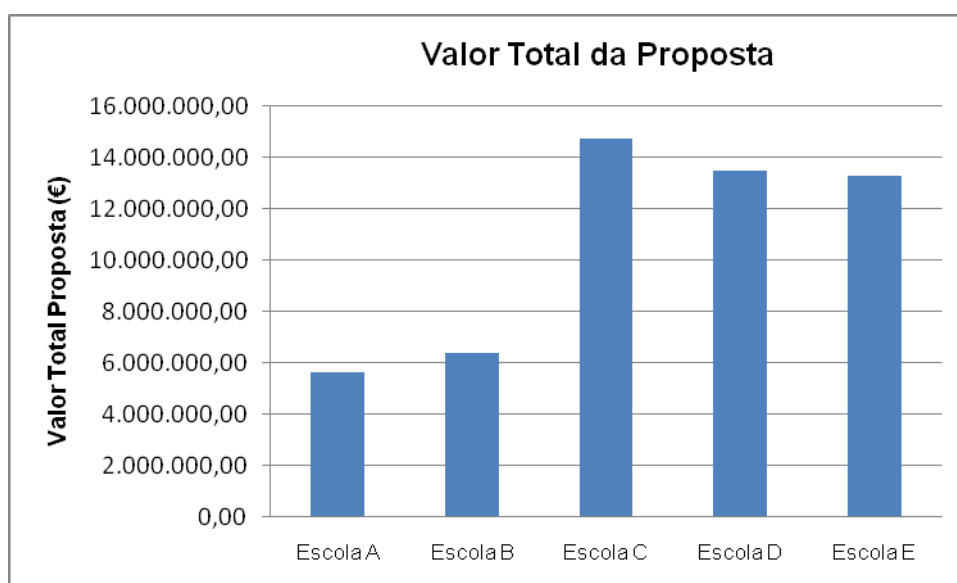


Fig.41 – Valor Total da Proposta

A média do valor total das propostas das cinco escolas é cerca de 10.692.630,00 euros. As duas escolas do centro do país apresentam valores de proposta abaixo do valor de média, sendo o valor da proposta mais baixo o da escola A. As outras três escolas do norte do país apresentam valores superiores de proposta superiores à média, sendo a Escola C a que apresenta o valor de proposta mais alto das três escolas, correspondendo a mais do dobro do valor das propostas das duas escolas do centro do país.

A diferença de valor de proposta das 3 escolas no norte relativamente às escolas do centro do país deve-se à grande percentagem de área total de construção nova que as escolas incluem.

A título de exemplo é apresentada as percentagens das áreas correspondentes à remodelação e ampliação de uma das escolas da zona norte (Escola D) (Fig.42 – Remodelação e Ampliação Escola D):

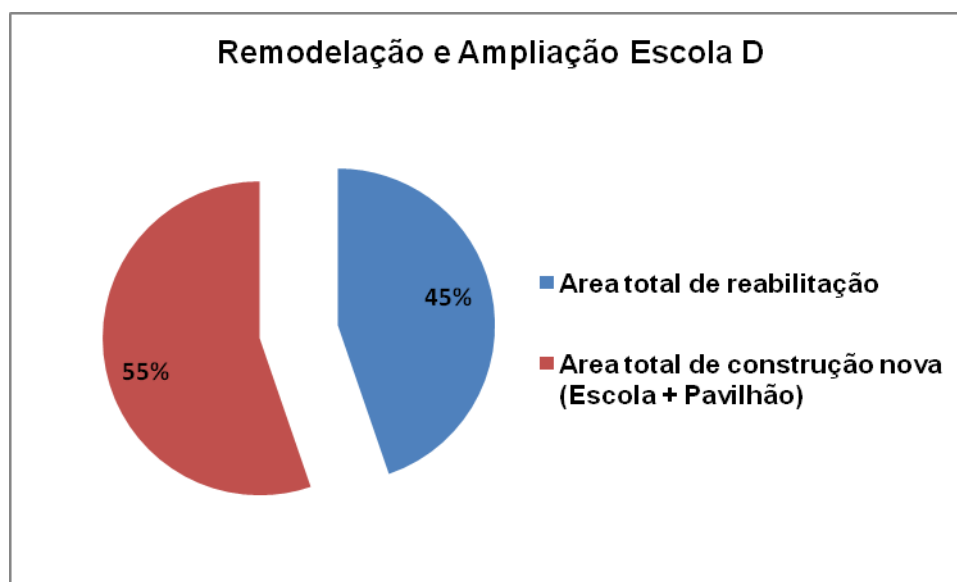


Fig.42 – Remodelação e Ampliação Escola D

Na Escola D a área total de construção nova é superior à área total de reabilitação. A área total de construção nova representa 55% e a área total de reabilitação 45%, representando a construção nova mais 10% de área total.

De seguida é apresentada uma análise à proposta global das cinco escolas, sendo a análise efectuada aos vários capítulos que fazem parte desta.

As propostas incluem os seguintes capítulos:

- Estaleiro e trabalhos Acessórios
- Arquitectura
- Estabilidade
- Instalações de Águas e Incêndio
- Instalações Eléctricas
- Instalações de Telecomunicações
- Instalações AVAC
- Instalações Gás

- Instalação de Sistemas de Transporte de pessoas e Cargas
- Projecto de Gestão Técnica Centralizada
- Paisagismo
- Sistema Fotovoltaico
- Resíduos Sólidos
- Diversos

De seguida são apresentados os gráficos correspondentes aos vários capítulos da proposta com o valor médio em percentagem (%) correspondente às cinco escolas em estudo:

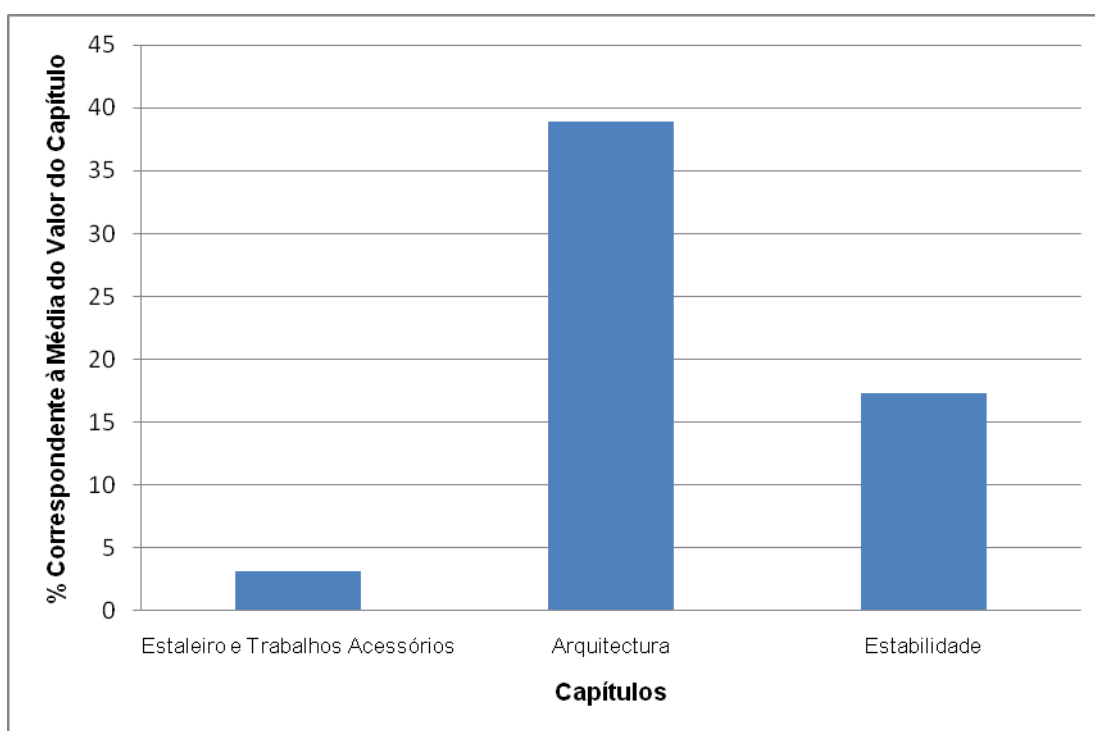


Fig.43 – Capítulos da Proposta 1

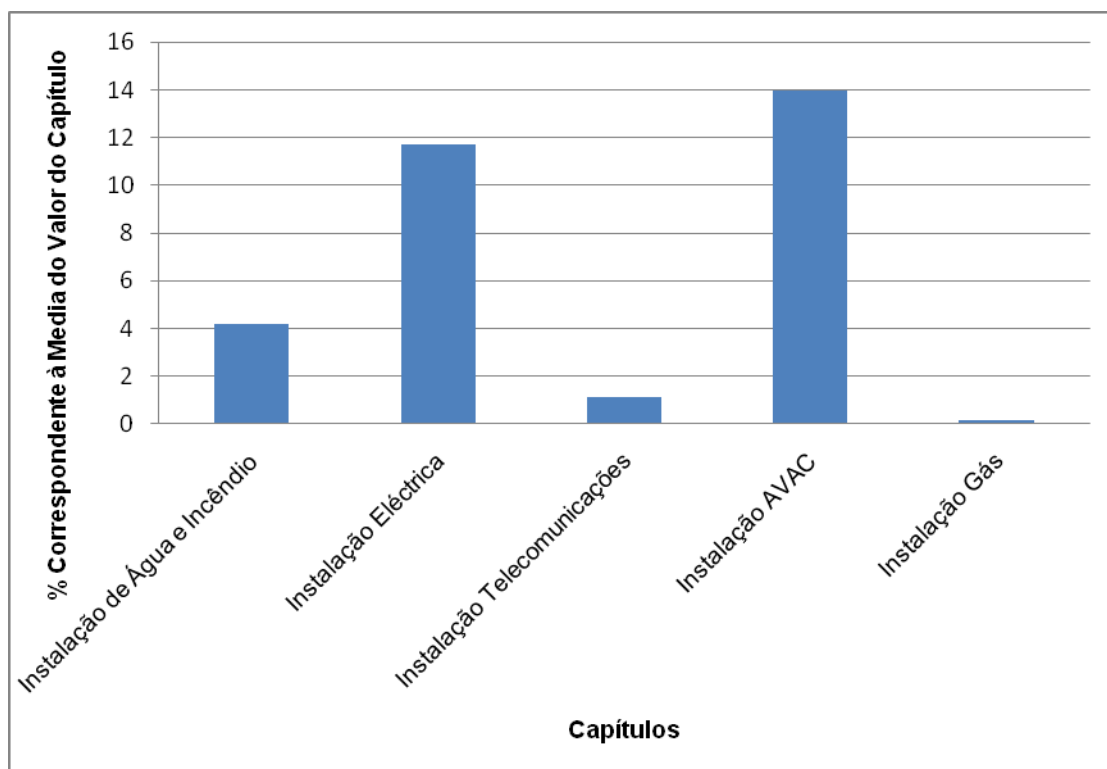


Fig.44 – Capítulos da Proposta 2

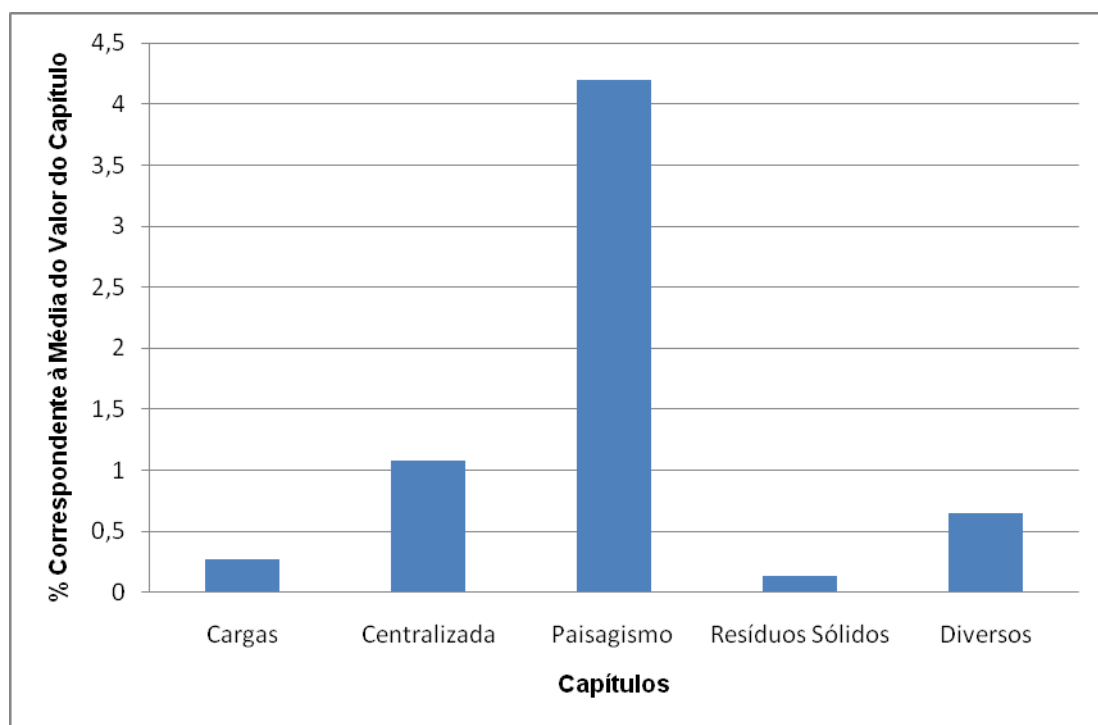


Fig.45 – Capítulos da Proposta 3

Os capítulos correspondentes à arquitectura (com 38,87%), estabilidade (com 17,28%), instalações de AVAC (com 13,96%), e instalações eléctricas (com 11,71%) são os que apresentam os maiores valores da proposta total. O total destes 4 capítulos nas cinco escolas analisadas equivale a mais de 65% do valor total de cada uma das propostas. Sendo o capítulo Arquitectura, o que apresenta maior valor de todos os que fazem parte da proposta total de todas as cinco escolas.

O valor médio correspondente ao capítulo Estaleiro e Trabalhos Acessório é 3,13%. Todas as escolas apresentaram neste capítulo valores próximos da média das cinco escolas.

O valor médio correspondente ao capítulo Arquitectura é 38,87%. Este capítulo representa o capítulo com maior peso no valor total das propostas das cinco escolas analisadas.

As escolas do centro do país apresentam valores superiores (sendo o maior valor o da Escola B com 47,8%) relativamente às três escolas do norte do país (sendo a Escola E a que apresenta o menor valor 31,40%). Assim, as três escolas do norte apresentam valores para o capítulo de arquitectura abaixo do valor médio e as outras duas escolas do centro do país apresentam valores acima do valor médio das cinco escolas.

O facto das escolas do centro do país apresentarem valores superiores relativamente às restantes três escolas no capítulo Arquitectura, deve-se a estas escolas terem tido uma maior percentagem de reabilitação que de construção nova (o que acontece com as restantes escolas).

O valor médio correspondente ao capítulo estabilidade é 17,28%. As escolas do norte apresentam valores muito superiores (sendo o maior valor o da Escola E com 25,17%) relativamente às escolas da zona centro (sendo a Escola B a que apresenta o menor valor com 10,98%), sendo mesmo numa delas o dobro do valor. Este facto deve-se a que nestas escolas a percentagem de construção nova é elevada e superior à reabilitação.

O valor médio correspondente ao capítulo Resíduos Sólidos é 0,14%. As escolas do centro do país apresentaram valores abaixo do valor médio (sendo o menor valor o da Escola A com 0,01%). Duas das escolas do norte do país apresentam valores muito superiores ao valor médio (Escola D 0,31% e Escola E 0,32%), correspondendo a mais de 60% do valor das outras três escolas.

O valor médio correspondente ao capítulo Cargas é 0,27%. Apenas a Escola C apresenta um valor superior ao da média (com 0,32%), o valor das restantes escolas encontram-se próximos do valor médio das cinco.

O valor médio correspondente ao capítulo Gestão Técnica Centralizada é 1,08%. Todas as escolas apresentam valores para este capítulo próximos do valor médio das cinco escolas.

O valor médio correspondente ao capítulo paisagismo é 4,20%. As escolas do norte apresentam valores acima do valor médio e muito superiores (sendo o maior valor da Escola E com 6,65%) aos das escolas da zona centro (sendo o menor valor o da Escola A com 1,99%). E Escola E é a que apresenta o valor mais alto, este valor reflecte a grande percentagem de área de paisagismo a que a escola foi alvo de intervenção.

As escolas da zona centro do país não apresentam valores para o capítulo Sistema Foto voltaico e para o capítulo Mobiliário. Estes dois capítulos não fazem parte do valor total das propostas apresentadas para estas duas escolas (Escola A e Escola B).

O valor médio correspondente ao capítulo Diversos é 0,65%. As escolas do norte do país apresentam valores mais elevados (sendo o maior valor da Escola E com 0,81%), que as duas escolas do centro (valor mais baixo Escola B com 0,41%).

O valor médio correspondente ao capítulo Instalação de Águas é 4,21%. As escolas do centro apresentam valores superiores (Escola A com o valor mais alto 5,19%) às das escolas do norte (Escola E com o valor mais baixo 3,27%).

O valor médio correspondente ao capítulo Instalações Eléctricas é 11,71%. A escola que apresenta valor maior é a Escola D (com 13,33%), as restantes escolas apresentam valores aproximados ao valor médio das cinco.

O valor médio correspondente ao capítulo Instalações de Telecomunicações é 1,11%. As escolas do centro apresentam valores superiores (Escola B maior valor 1,82%) relativamente às escolas do norte (Escola E menor valor 0,82%). Todas as escolas do norte encontram-se abaixo do valor médio.

O valor médio correspondente ao capítulo das Instalações de AVAC é 13,96%. As escolas da zona centro apresentam valores superiores (Escola A com o maior valor 18,96%) relativamente às escolas da zona norte (Escola D com menor valor 10,05%).

O valor médio correspondente ao capítulo Instalações de Gás é 0,17%. As escolas do norte apresentam valores superiores (Escola E com maior valor 0,24%) que as restantes escolas do centro do país (Escola B com menor valor 0,08%), estando abaixo do valor médio das cinco escolas.

4.2. SUBCAPÍTULOS DO CAPÍTULO DE ARQUITECTURA

Sendo o capítulo arquitectura o capítulo com maior peso dentro da proposta total e dado que grande parte dos trabalhos de reabilitação estão dentro deste capítulo, este trabalho irá debruçar-se essencialmente sobre a Arquitectura. Assim, foi efectuada uma análise dos vários subcapítulos que fazem parte do capítulo Arquitectura, que são onze. A análise foi efectuada com base no valor em percentagem (%) correspondente à média dos valores de cada subcapítulo das cinco escolas analisadas. Este capítulo Arquitectura corresponde em todas as escolas a mais de 30% do valor total da proposta.

Os subcapítulos que fazem parte da Arquitectura são os seguintes:

- Trabalhos preparatórios e movimento de terras
- Demolições
- Paredes divisórias
- Coberturas, isolamentos e impermeabilizações
- Serralharias e caixilharias
- Revestimento de pavimentos
- Revestimento de paredes
- Revestimento de tectos
- Pinturas
- Vidros e espelhos
- Diversos

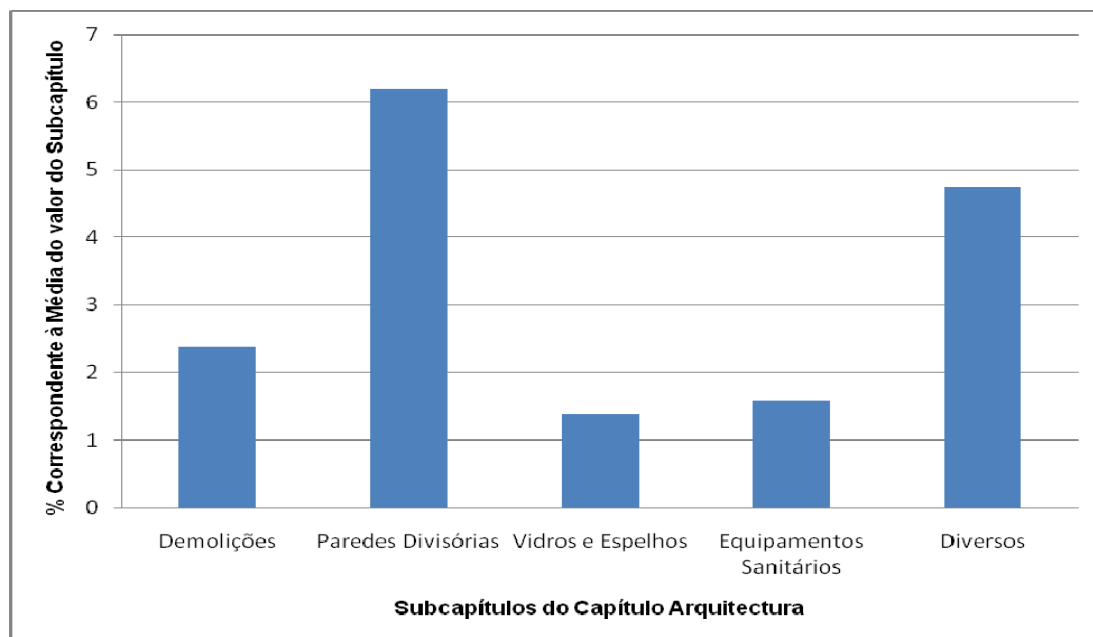


Fig.46 – Subcapítulos do Capítulo Arquitectura 1

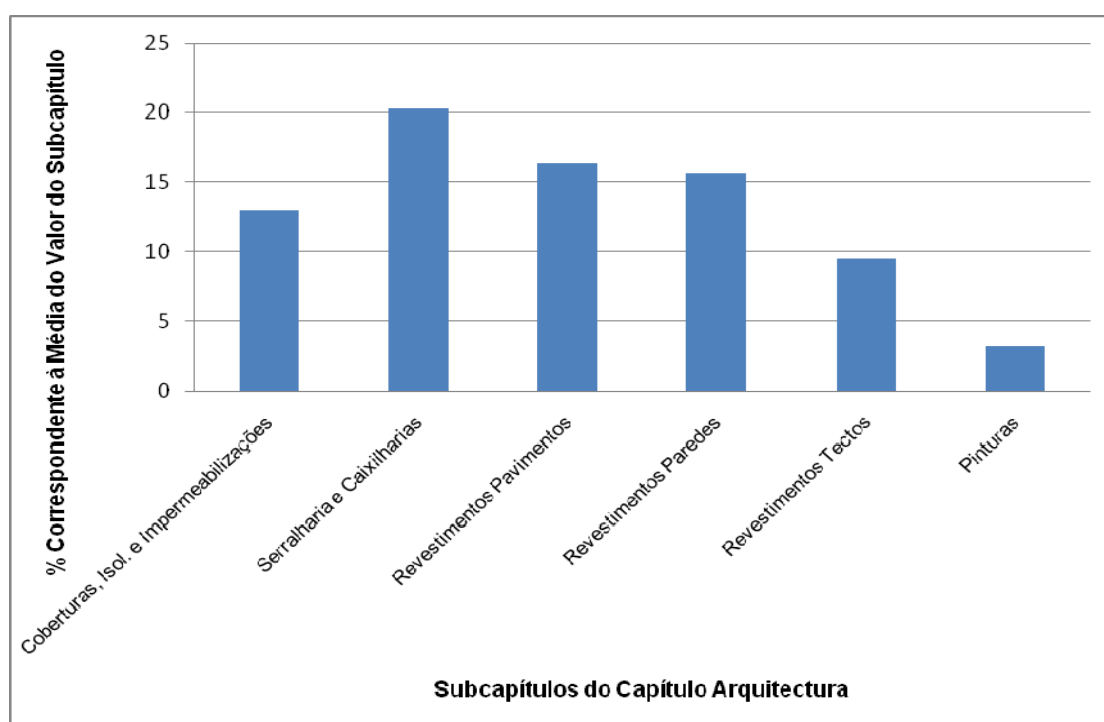


Fig.47 – Subcapítulos do Capítulo Arquitectura 2

Os subcapítulos Serralharias e Caixilharias (com 20,28%), Revestimentos de coberturas (com 13,03%), Revestimentos de Pavimentos (com 16,38%), Revestimentos de Paredes (com 15,58%) e Revestimentos de Tectos (com 9,48%), são os subcapítulos com maior valor dentro do capítulo de Arquitectura. O total destes quatro subcapítulos equivale a mais de 70% do valor total do capítulo Arquitectura em todas as escolas.

Nas escolas da zona centro do país, os dois subcapítulos com maior peso na proposta são as Serralharias e Caixilharias e os Revestimentos de Pavimentos.

Já nas escolas da zona norte do país, os dois subcapítulos com maior peso na proposta são os Revestimentos de Pavimentos e os Revestimentos de Paredes, em que está incluído o revestimento de fachadas cuja intervenção nas três escolas foi total.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Demolições é 2,38%. As escolas do centro do país apresentam valores muito superiores (Escola B com 4,0% e Escola A com 3,31%) relativamente às escolas do norte (em que o valor mais baixo foi da Escola D com 0,94%). Estes valores podem estar associados ao facto da intervenção nas duas escolas do centro do país terem incidido mais a nível de reabilitação e não tanto de ampliação como aconteceu nas outras três escolas do norte.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Paredes Divisórias é 6,19%. Apenas duas das escolas apresentam valores superiores ao valor médio (Escola E com 7,44 e Escola D com 7,24).

O valor médio correspondente ao subcapítulo Revestimentos de coberturas, Isolamentos e Impermeabilizações é 13,03%. Quase todas as escolas apresentam valores próximos do valor médio do subcapítulo. A escola que apresenta o valor mais elevado é a Escola B com 14%.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Vidros e Espelhos é 1,39%. As duas escolas do centro do país apresentam valores muito superiores (Escola A com 3,58% e Escola B 3,0%) quando comparados com as outras três escolas da zona norte do país, sendo estes valores inferiores a 0,10%.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Equipamentos Sanitários é 1,97%. A Escola C não apresenta um subcapítulo específico para equipamentos sanitários na proposta global. Todos os equipamentos sanitários encontram-se englobados no capítulo das Instalações de águas e esgotos.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Diversos é 4,75%. Todas as escolas apresentam valores relativamente próximos do valor médio. Apenas uma das escolas apresenta um valor muito superior ao valor médio (Escola C com 6%).

O valor médio correspondente ao subcapítulo Serralharias e Caixilharias é 20,28%. Todas as escolas apresentam valores relativamente próximos do valor médio, A Escola A é a que apresenta o valor mais elevado das cinco escolas com 23,18%.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Revestimento de Pavimentos é 16,38%. A Escola E e a Escola D são as que apresentam valores superiores ao valor médio com 18,36% e 16,55% respectivamente.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Revestimento de Paredes é 15,58%. As três escolas do norte do país apresentam valores muito superiores às restantes duas escolas da zona centro. Sendo a média das três escolas do norte 18,54%, em que a Escola E é a que apresenta o maior valor com 19,37%.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Revestimento de Tectos é 9,48%. Também neste subcapítulo as escolas do norte apresentam valores superiores relativamente às duas escolas da zona centro do país, sendo a Escola C a que apresenta o valor mais elevado com 11,12%.

O valor médio correspondente ao subcapítulo Pinturas é 3,19%. Neste subcapítulo todas as escolas apresentam valores próximos ao valor da média das cinco escolas. Sendo os valores das duas escolas da zona centro superiores às das escolas da zona norte do país.

4.3. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS CORRESPONDENTES A ALGUNS SUBCAPÍTULO DO CAPÍTULO DE ARQUITECTURA

Foi efectuada uma análise aos seis subcapítulos com maior valor do capítulo de arquitectura, que correspondem:

- Revestimento de coberturas, impermeabilizações e isolamentos
- Revestimento de fachada
- Paredes e Divisórias
- Revestimento de pavimentos
- Revestimento de tectos
- Execução de vãos exteriores (caixilhos e vidros)

Para cada um dos subcapítulos foi efectuada uma análise dos materiais e soluções construtivas utilizadas em duas das escolas, uma do centro do país e outra do norte do país.

As escolas escolhidas foram, Escola B que se encontra já em utilização e a Escola C onde estão em curso os trabalhos de reabilitação e ampliação das escolas.

Na Escola B, as soluções construtivas mais utilizados a nível de coberturas e impermeabilizações foram (Fig.48 – Revestimentos de Coberturas, Impermeabilizações):

- Sistema de impermeabilização com isolamento térmico e coberturas com suporte em betão armado (38%)
- Revestimento base da cobertura constituída por chapa perfilada em aço galvanizado (16%)
- Sistema de impermeabilização com isolamento térmico e coberturas com suporte em chapa metálica (11%)
- Execução de rufos e caleiras de chapa quinada de aço galvanizado com acabamento pré-lacado (19%).

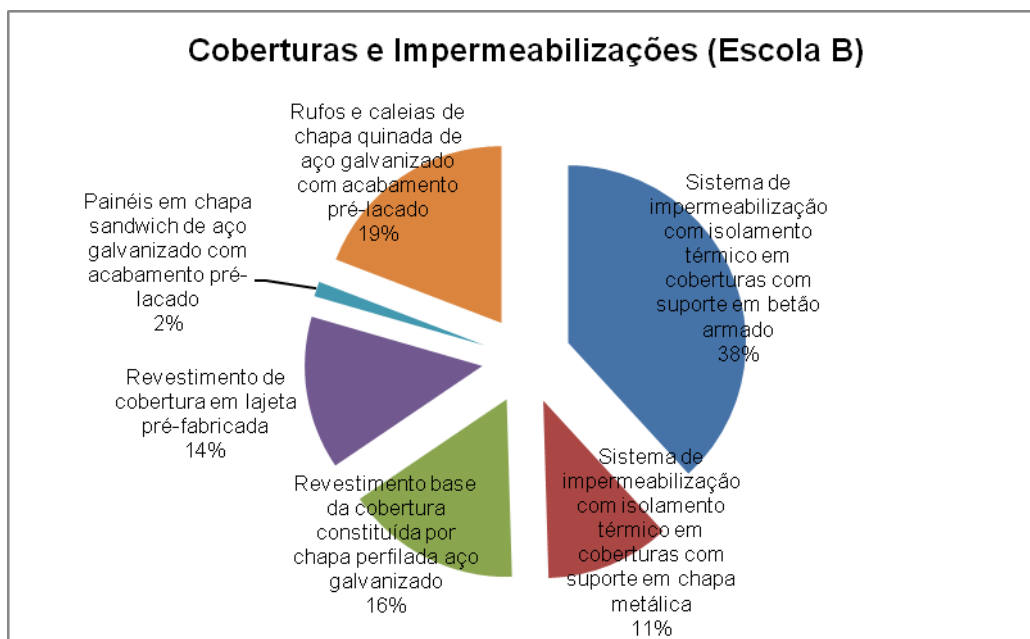


Fig.48 – Revestimentos de Coberturas, Impermeabilizações (Escola B)

Na Escola C, as soluções construtivas mais utilizados a nível de coberturas e impermeabilizações foram (Fig.49 – Revestimentos de Coberturas, Impermeabilizações):

- Sistema de impermeabilização e isolamento em cobertura invertida (51%)
- Sistema de coberturas composto por painéis sandwich isotérmicos com lâ-de-rocha (30%)
- Execução de rufos e caleiras em chapa de zinco n.º 16 (11%).

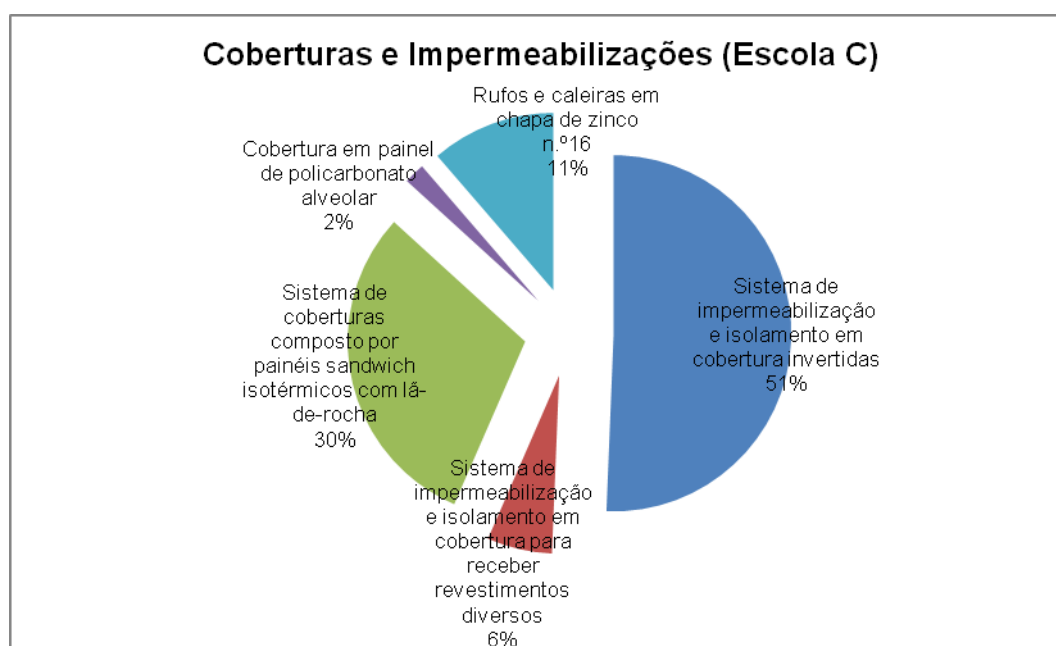


Fig.49 – Revestimentos de Coberturas, Impermeabilizações (Escola C)

Na Escola B, as soluções construtivas e os materiais mais utilizados a nível de revestimentos de pavimentos foram (Fig.50 – Revestimento de Pavimentos):

- Tacos em madeira (39%)
- Vinílico em ladrilho (16%) e Vinílico em rolo (12%)
- Ladrilhos em pedra mole anos (13%)
- Mosaico grés (10%)
- Autonivelantes (7%).

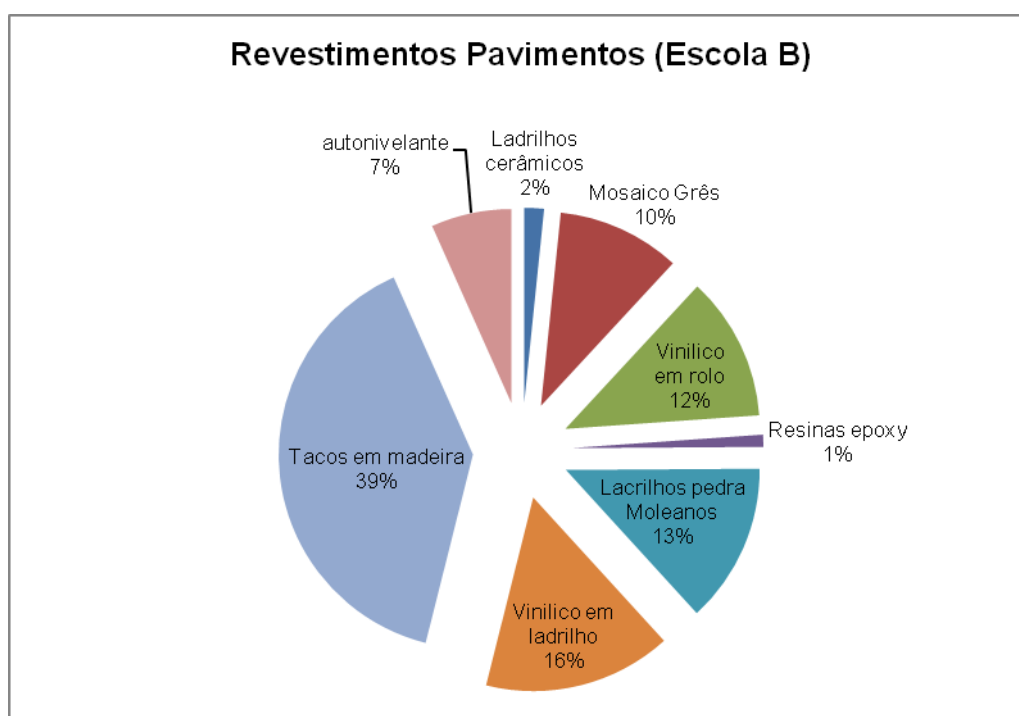


Fig.50 – Revestimentos de Pavimentos (Escola B)

Na Escola C, as soluções construtivas e os materiais mais utilizados a nível de revestimentos de pavimentos foram (Fig.51 – Revestimentos de Pavimentos):

- Manta vinílica (44%)
- Mosaico hidráulico (43%)
- Pavimentos em soalho de madeira carvalho (10%)
- Linóleo (3%).

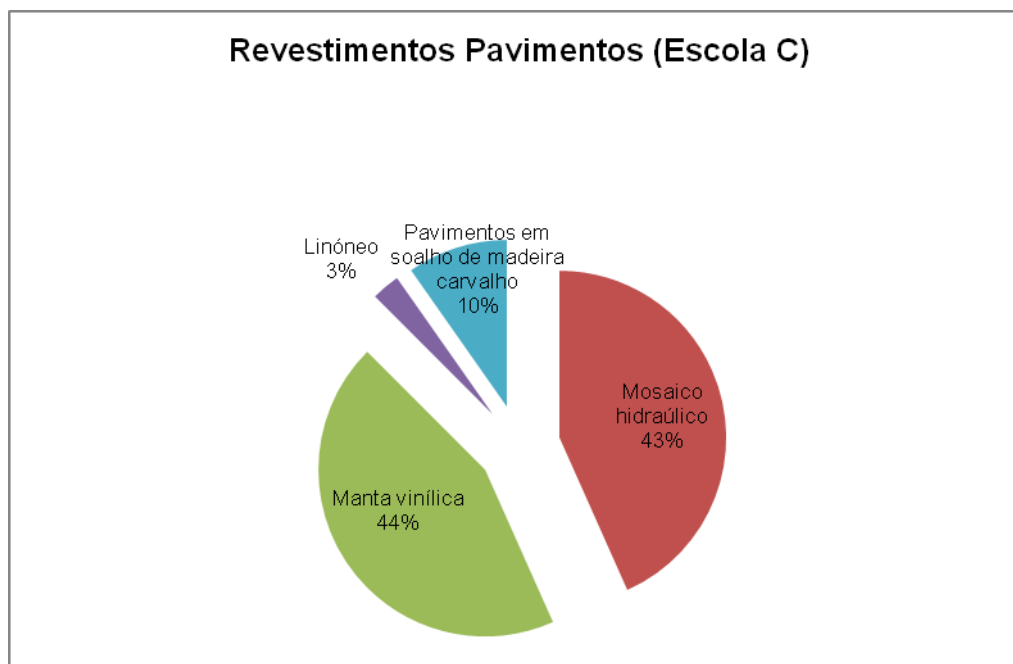


Fig.51 – Revestimentos de Pavimentos (Escola C)

Na Escola B, as soluções construtivas e os materiais mais utilizados a nível de revestimentos de paredes exteriores foram (Fig.52 – Revestimentos de Paredes):

- Rebocos (80%)
- Painéis de alumínio (20%).

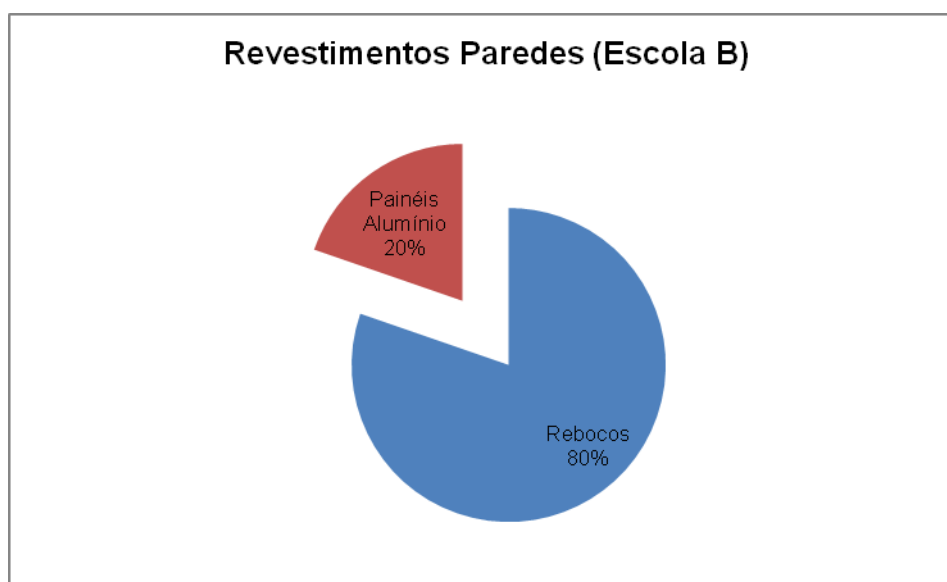


Fig.52 – Revestimento de Paredes (Escola B)

Na Escola C, a solução construtiva mais utilizada a nível de revestimentos de paredes exteriores foi o sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS), correspondendo uma parte ao reforço efectuado ao sistema (25%) (Fig.53 – Revestimentos de Paredes).

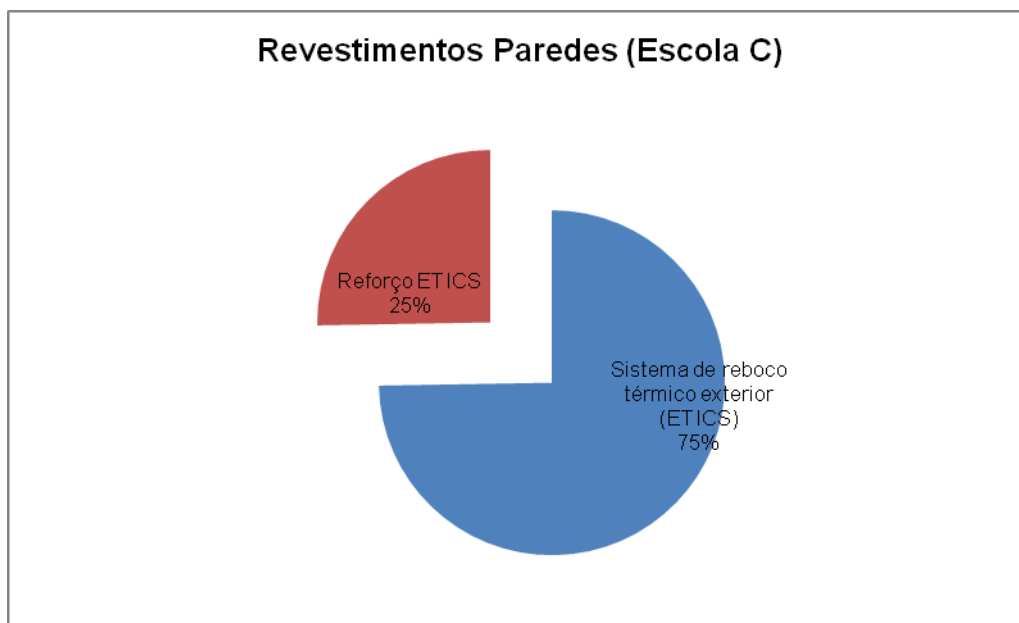


Fig.53 – Revestimentos de Paredes (Escola C)

Na Escola B, as soluções construtivas e os materiais mais utilizados a nível de paredes divisórias interiores foram (Fig.54 – Paredes Divisórias):

- Divisórias interiores com superfícies translúcidas e opacas (64%)
- Paredes de alvenarias de tijolo cerâmico (24%).

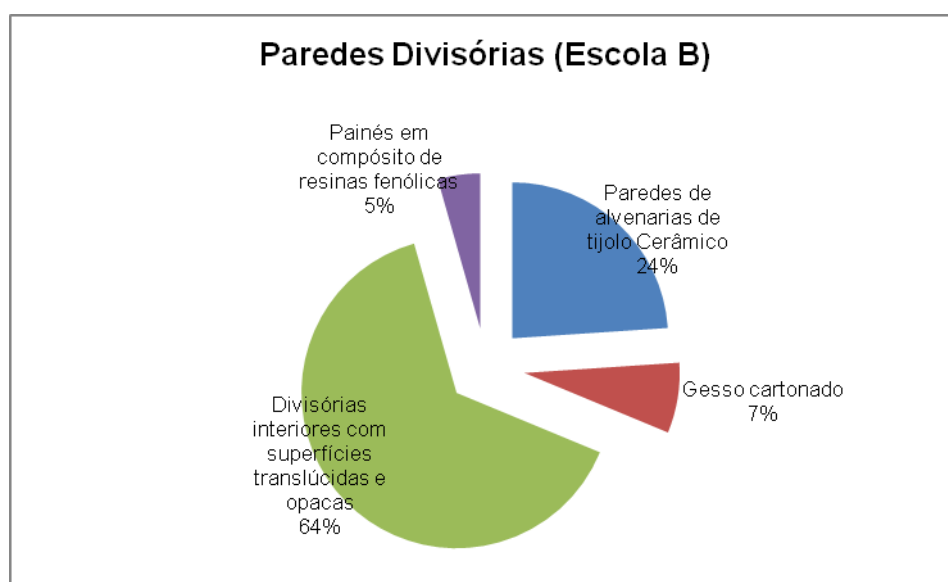


Fig.54 – Paredes Divisórias (Escola B)

Na Escola C, as soluções construtivas e os materiais mais utilizados a nível de paredes divisórias interiores foram (Fig.55 – Paredes Divisórias):

- Paredes de alvenaria de bloco simples (47%)
- Paredes de alvenarias de bloco acústico (21%)
- Paredes de alvenaria de bloco térmico (12%).

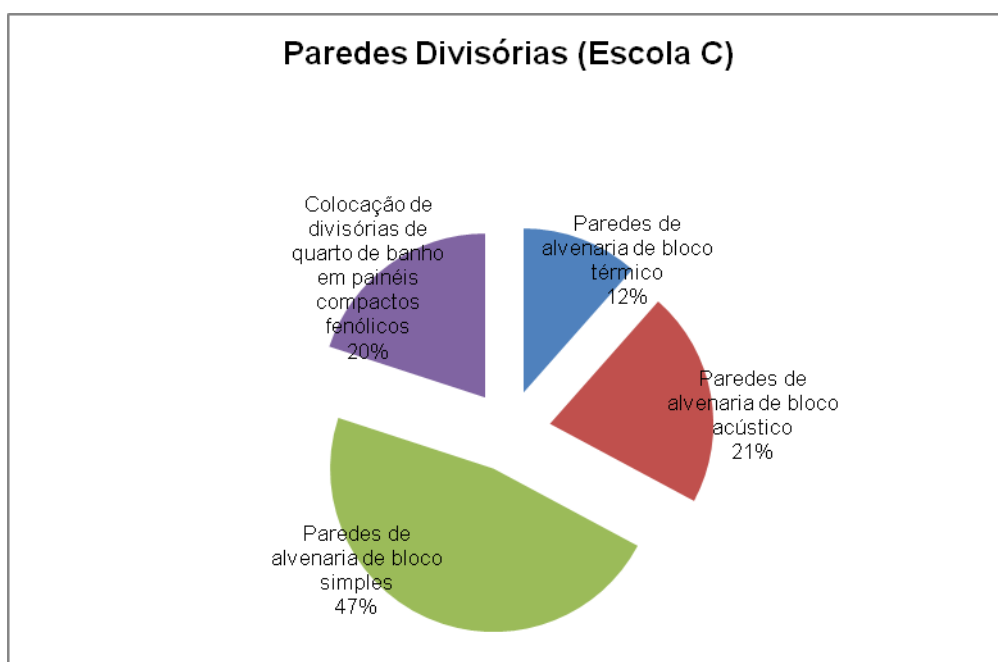


Fig.55 – Paredes Divisórias (Escola C)

Na Escola B, as soluções construtivas e os materiais mais utilizados a nível de revestimentos de tectos foram (Fig.56 – Revestimentos de Tectos):

- Placas de compósito de fibras de madeira mineralizada e cimento branco (47%)
- Placas de gesso cartonado de absorção acústica (24%).

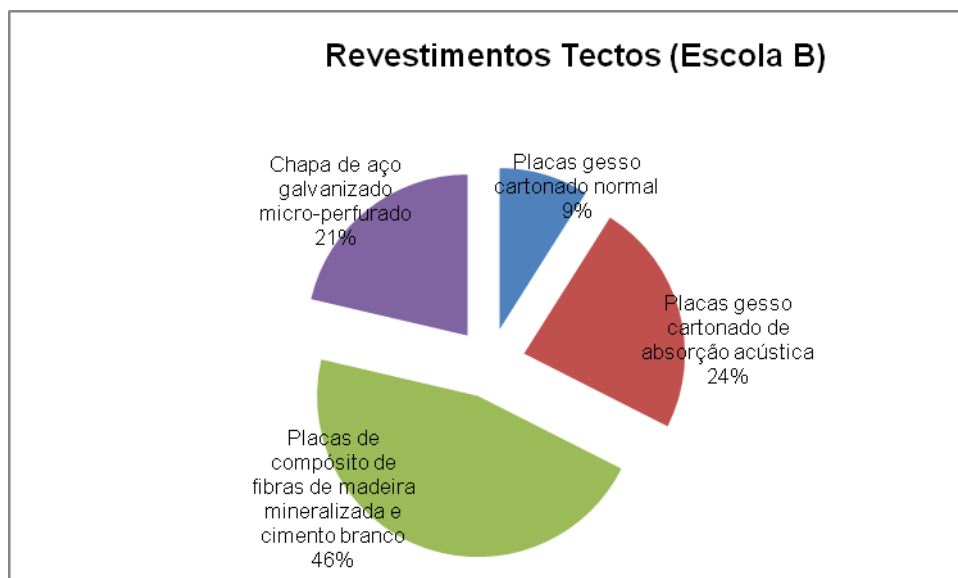


Fig.56 – Revestimentos de Tectos (Escola B)

Na Escola C, a solução construtiva e material mais utilizado a nível de revestimentos de tectos foi a da aplicação de tectos falsos acústicos em gesso cartonado (com 87%) (Fig.57 – Revestimentos de Tectos).

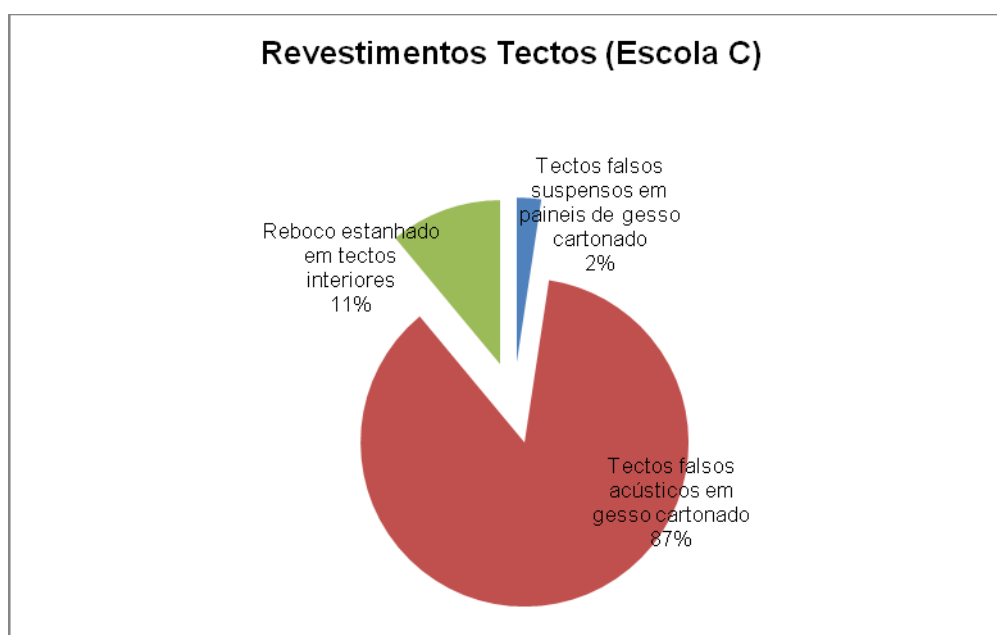


Fig.57 – Revestimento de Tectos (Escola C)

4.4. SÍNTESE

Considerando as cinco escolas, foi efectuada uma análise para os cinco subcapítulos dos materiais e soluções construtivas mais utilizados.

As soluções construtivas/materiais mais utilizadas nas cinco escolas na execução de paredes divisórias foram: blocos térmicos (Escola D e Escola E), blocos simples (Escola C) e divisórias com superfícies translúcidas e opacas (Escola A e Escola B). Para além destes materiais, também o bloco acústico foi muito utilizado na execução das paredes divisórias (Fig.58 – Paredes Divisórias).

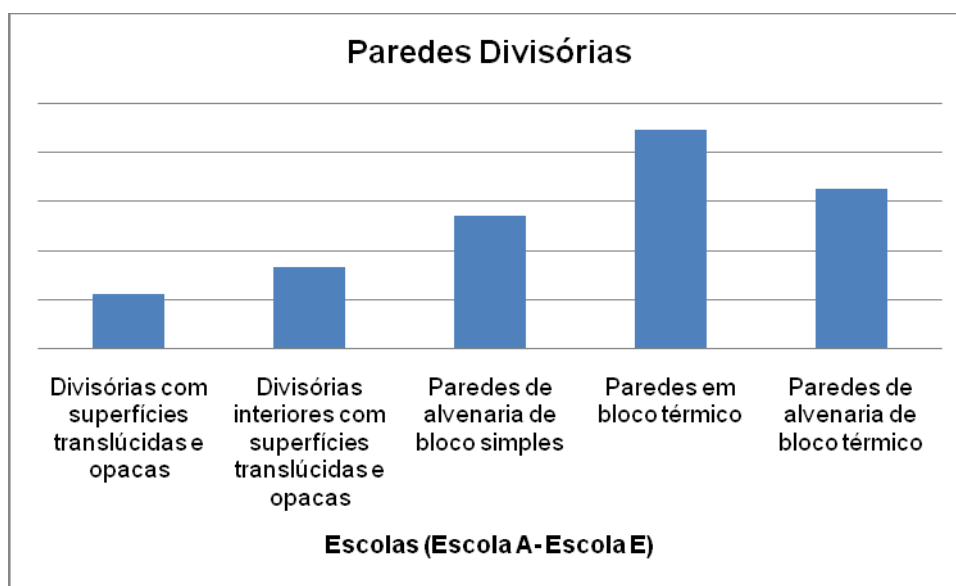


Fig.58 – Paredes Divisórias

As soluções construtivas/materiais mais utilizadas nas cinco escolas na execução de coberturas, isolamentos e impermeabilizações foram: os sistema de impermeabilização com isolamento térmico em coberturas com suporte em betão armado (Escola B, Escola C, Escola D e Escola E) e sistema de impermeabilização com isolamento em coberturas com suporte em chapa metálica (Escola A). Para além destes sistemas foram também utilizados outros materiais tais como os painéis sandwich e os painéis em policarbonato alveolar. Em todas as escolas a execução de rufos e caleiras tiveram um grande peso quer a nível de custos quer a nível de quantidades neste subcapítulo.

Os materiais mais utilizados nas cinco escolas a nível de revestimento de pavimentos foram: borracha pitonada (Escola D e Escola E), manta vinílica (Escola C), vinílicos em ladrilho (Escola B) e ladrilhos cerâmicos (Escola A). Para além destes materiais, também os vinílicos em rolo e os pavimentos com resinas epoxy foram muito utilizados (Fig.59 – Revestimento de Pavimentos).

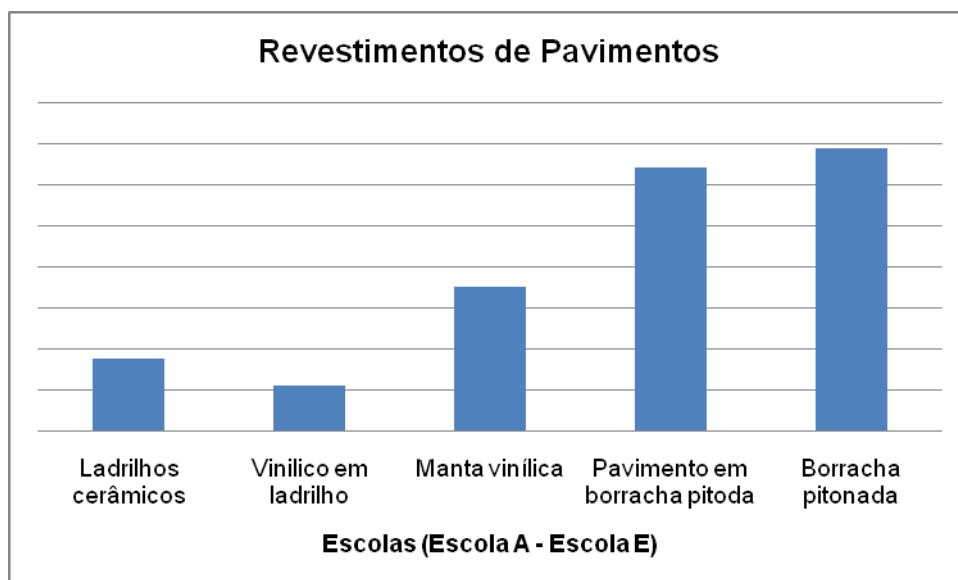


Fig.59 – Revestimento de Pavimentos

As soluções construtivas mais utilizadas nas cinco escolas a nível de revestimento de paredes exteriores foram: o sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) (Escola C, Escola D e Escola E), execução de rebocos exteriores (Escola B) e aplicação de painéis de alumínio (Escola A).

As soluções construtivas/materiais mais utilizadas nas cinco escolas no revestimento de tectos foram: aplicação de placas de compósito de fibras de madeira mineralizada e cimento branco (Escola A e Escola B) e aplicação de gesso cartonado com lã de rocha (Escola C, Escola D e Escola E). Para além destas soluções, outra solução também muito utilizada no revestimento dos tectos principalmente nos pavilhões gimnodesportivos e salas próprias para a prática de desporto é a aplicação de celulose projectada (Fig.60 – Revestimento de Tectos).

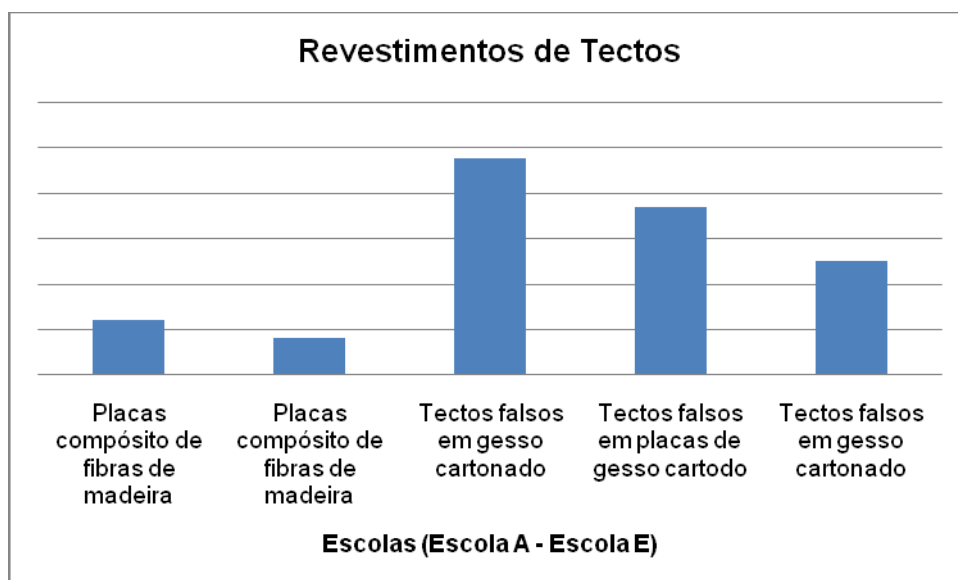


Fig.60 – Revestimento de Tectos

Tendo por base a análise efectuada às várias soluções construtivas e materiais mais utilizados nas cinco escolas, foram definidos seis grupos de actividades que serão alvo de uma análise mais detalhada neste trabalho e dentro destes as soluções construtivas mais adoptadas no âmbito.

5

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS IMPLEMENTADAS NAS ESCOLAS

5.1. ENQUADRAMENTO

A reabilitação de edifícios escolares constitui uma operação complexa, com constrangimentos específicos, uma vez que trabalhar sobre edifícios existentes obriga a precauções e cuidados adicionais.

Ao intervir nos edifícios é importante considerar as suas características próprias, optando por metodologias de preservação da construção e dos elementos construtivos, corrigindo-os numa lógica exigencial, procurando encontrar soluções construtivas duradouras que garantam uma redução de custos de gestão e de manutenção.

Trata-se de adequar o edificado escolar às mais actualizadas exigências de qualidade decorrentes da necessidade de melhorar o desempenho dos edifícios através da definição de exigências de melhoria da qualidade do ar, conforto térmico e acústico, conforto visual, de higiene, de diminuição do risco de incêndio, de conservação de energia [15].

Tendo por base estes conceitos, nomeadamente as exigências a que as escolas devem responder e a análise efectuada às propostas de empreitada das cinco escolas, foram definidos grupos de actividades com maior peso (valor) do capítulo Arquitectura (capítulo também com maior peso na proposta global) para serem alvo de uma análise mais aprofundada neste trabalho:

- Vãos exteriores: caixilhos e vidros.
- Revestimentos de coberturas, impermeabilizações e isolamentos: execução de coberturas invertidas e a utilização de painéis sandwich.
- Revestimentos de paredes exteriores: utilização do ETICS (fachadas das 3 escolas da zona Norte) e execução de reboco.
- Paredes divisórias: utilização dos blocos térmicos e blocos acústicos (escolas da zona Norte) e a utilização das alvenarias de tijolo cerâmico (alvenarias tradicionais) (escolas zonas centro).
- Revestimentos de pavimentos: utilização de materiais sintéticos tais como, vinílicos, borracha pitonada, linóleos e a aplicação de resinas epoxy.
- Revestimentos de tectos: utilização de placas em gesso cartonado com lã de rocha e celulose projectada.

A análise é feita para dois tipos de elementos: edifícios (com salas de aulas) e pavilhões gimnodesportivos.

Para esta análise desenvolveu-se:

- Enquadramento inicial às soluções a realizar nos vários elementos construtivos;
- Especificação dos materiais utilizados;
- Tecnologias de aplicação através da caracterização das soluções previstas / preconizadas.

5.2. CONCEPÇÃO E SOLUÇÕES TÉCNICAS ADOPTADAS

5.2.1. REVESTIMENTOS DE FACHADAS

5.2.1.1. SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

Nas 3 escolas da zona Norte as fachadas dos edifícios foram revestidas na sua totalidade com ETICS (Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior). Os pavilhões gimnodesportivos também foram alvo de intervenção nas fachadas utilizando ETICS.

Todos os materiais aplicados cumpriram na íntegra o definido na Ficha técnica do sistema correspondente.

O sistema ETICS é um método para isolamento de paredes e protecção dos edifícios pelo exterior, que inclui fixação de placas de poliestireno expandido no suporte. As placas, depois de cobertas com um barramento composto por um adesivo especial, são reforçadas com uma rede em fibra de vidro mergulhada na referida camada. A superfície é depois coberta com um acabamento plástico, espesso, contínuo, pigmentado e texturado que lhe confere protecção e acabamento final.

Um sistema do tipo ETICS demonstra características particularmente adequadas à utilização como solução de reabilitação de fachadas, permitindo resolver um conjunto de situações relevantes e proporcionar simultaneamente a renovação estética das mesmas sem necessidade de realizar demolições profundas.

Do ponto de vista prático de obra, a utilização deste sistema como solução de reabilitação das fachadas não implicou grandes restrições de ocupação, não reduziu o espaço habitável do edifício construído e permitiu trabalhar com suportes difíceis evitando assim o mais possível o recorrer a demolições.

No entanto a utilização deste sistema como solução de reabilitação teve grandes consequências a nível do projecto de arquitectura, nomeadamente pela alteração das dimensões e proporções relativas do espaço, o que se tornou incompatível, em termos funcionais, com diversos elementos da construção existente.

Esta situação fez com que não fosse possível o reaproveitamento de diversos elementos construtivos, levando à sua extracção e substituição por novas soluções. Assim, foi necessário adoptar novas soluções para zonas tais como, vão de fachada (portas e janelas) pela ocorrência de desajustamentos e incompatibilidades nos peitoris e ombreiras, para os sistemas de drenagem pluvial, tubagens exteriores, remates superiores dos panos de parede (platibandas), etc.

5.2.1.1.1. MATERIAIS APLICADOS (ESCOLA C):

- Adesivo e regularizador em pasta;
- Poliestireno expandido – EPS, espessura de 5 cm e densidade de 20 kg/m³
- Regulador de fundo à base de água, concentrado
- Rede de fibra de vidro com uma densidade de 150 g/m² - 160 g/m²
- Barramento intermédio
- Acabamento final acrílico com aditivos antifungos já incorporado.

A certificação do sistema encontra-se especificada numa ETA. Para estes materiais o Fornecedor ofereceu garantia de 5 anos.

5.2.1.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

a) Arranque do sistema e montagem dos perfis laterais

Nas três escolas da zona Norte, nas fachadas com sistema ETICS foi criado uma calha de arranque de protecção do próprio sistema (Fig.61 – Pormenor de colocação da calha de arranque).

Os perfis de arranque, com espessura adaptada às placas de isolamento térmico, são colocados horizontalmente, no limite inferior da zona a revestir a cerca de 15 cm do solo (Fig.62 – Criação de rodapé). A sua fixação foi efectuada utilizando parafusos e buchas adequadas ao suporte.



Fig.61 – Pormenor da Zona Inferior do Sistema ETICS – Calha de Arranque



Fig.62 – Criação do Rodapé e Colocação de Perfis Laterais

b) Aplicação do isolamento:

Tratando-se de uma fachada em reabilitação, foi necessário antes da aplicação das placas de isolamento o tratamento de todos os suportes para que estes ficassem limpos, regularizados e estabilizados.

As placas de isolamento térmico foram colocadas de baixo para cima, a partir do perfil de arranque e são apoiadas topo a topo, em fiadas horizontais. Foram dispostas com juntas desencontradas, quer em zona corrente, quer nos cantos e para além disso, sendo garantido o não haver coincidência entre as descontinuidades do suporte (Fig.63 – Colocação das Placas de Isolamento Térmico).

As placas foram assentes com colagem geral (e não por pontos) imediatamente após a aplicação da argamassa de colagem.

Por se tratar de uma reabilitação de fachada em que o sistema ETICS foi aplicado directamente sobre as paredes de fachada existentes, foi necessário recorrer à fixação mecânica das placas de isolamento, por uma questão de segurança adicional, estabilidade do sistema, e de garantia da própria continuidade do sistema.

Assim, a fixação mecânica das placas de isolamento foi efectuada recorrendo a buchas em polipropileno, com haste do parafuso com um comprimento capaz de penetrar no suporte em pelo menos 40 mm. Foi aplicado um mínimo de 8 buchas por m², nas extremidades e no centro das placas (Fig.64 – Pormenor da Aplicação da Fixação Mecânica das Placas de Isolamento Térmico) (Fig.65 – Vista Geral).



Fig.63 – Colocação das Placas de Isolamento Térmico

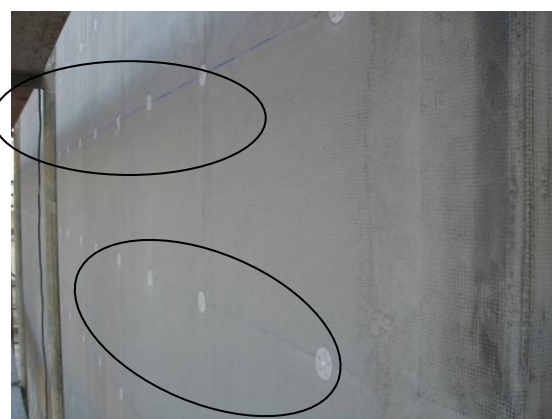


Fig.64 – Pormenor da Aplicação da Fixação Mecânica das Placas de Isolamento Térmico

No final as cabeças das buchas foram revestidas com argamassa para isolar por completo o sistema e evitar que posteriormente se notasse no reboco algumas saliências correspondentes às cabeças das buchas de plástico.



Fig.65 – Aplicação das Placas de Isolamento Térmico – Vista Geral

c) Aplicação da rede de fibra de vidro

A rede de fibra de vidro é aplicada com uma camada de argamassa ainda fresca utilizando uma talocha em inox. A rede de fibra de vidro melhora a resistência mecânica do sistema e assegura a continuidade deste (Fig.66 – Aplicação da Rede de Fibra de Vidro).

Todas as sobreposições deverão ter pelo menos 10 cm; nos cantos a rede deverá contornar a aresta em pelo menos 15 – 20 cm.



Fig.66 – Aplicação da Rede de Fibra de Vidro

d) Remates em pontos singulares

Os remates em zonas particulares, tais como arestas e esquinas do sistema foram efectuados utilizando perfis ou cantoneiras de reforço próprios, colados com massa adesiva (Fig.67 – Exemplo do Remate do Sistema em Vigas) (Fig.68 – Pormenor do Perfil de Canto) (Fig.69 – Pormenor de Remate do sistema ETICS).



Fig.67 – Exemplo do Remate do Sistema em Vigas



Fig.68 – Pormenor do Perfil de Canto

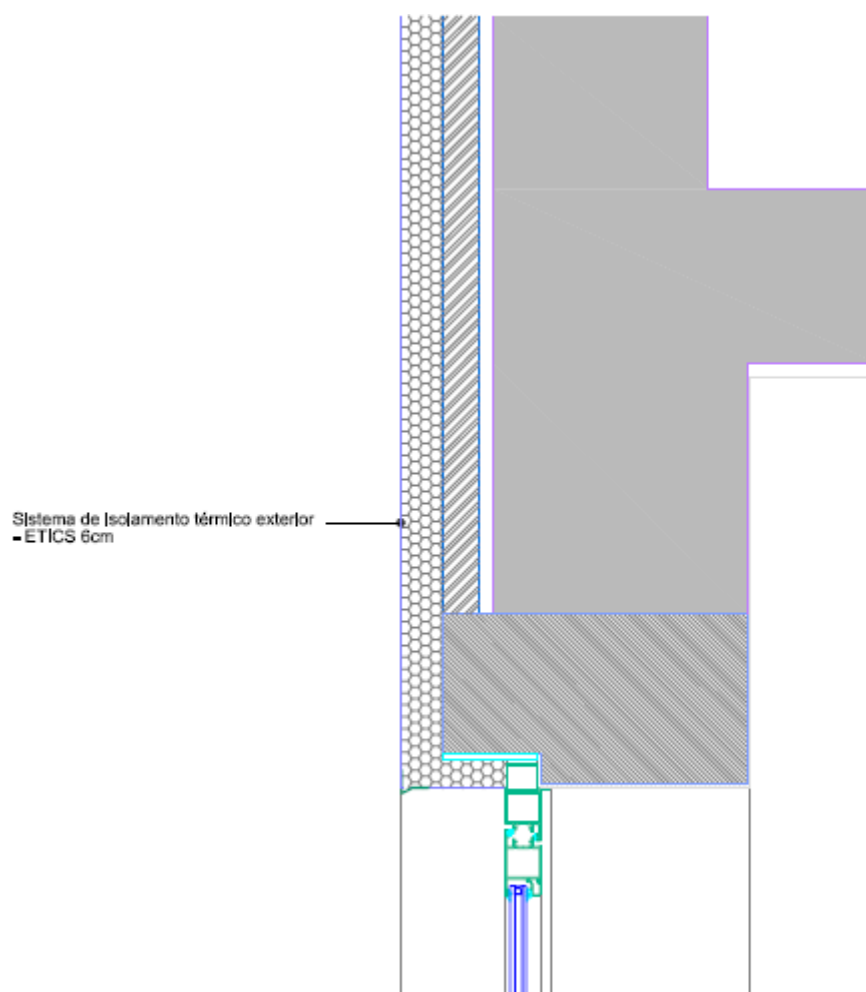


Fig.69 – Pormenor de Remate do Sistema ETICS

e) Reforço de pontos singulares:

Antes da realização da camada base, foram reforçadas zonas particulares como sejam os cantos dos vãos ou descontinuidade entre materiais, entre outros, por se tratar de zonas onde normalmente ocorrem fissuras, com faixas de rede de fibra de vidro (com sobreposição) coladas sobre as placas de isolamento.

Nas aberturas de portas, janelas, procedeu-se ainda a um reforço adicional da armadura, colocando tiras de rede com cerca de 30 x 30 cm de largura, na diagonal em relação às aberturas, de modo a evitar fissuras coincidentes com os ângulos onde se concentram os esforços do sistema. Nas emendas de armadura foi colocada uma sobreposição de cerca de 10 cm (Fig.70 – Reforço da Zona dos Vãos) (Fig.71 – Pormenor do Sistema ETICS em Vãos de Fachada).

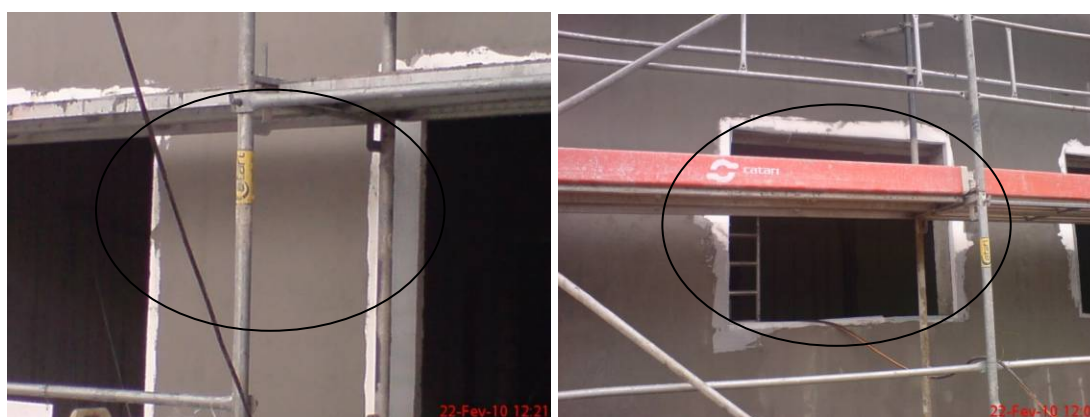
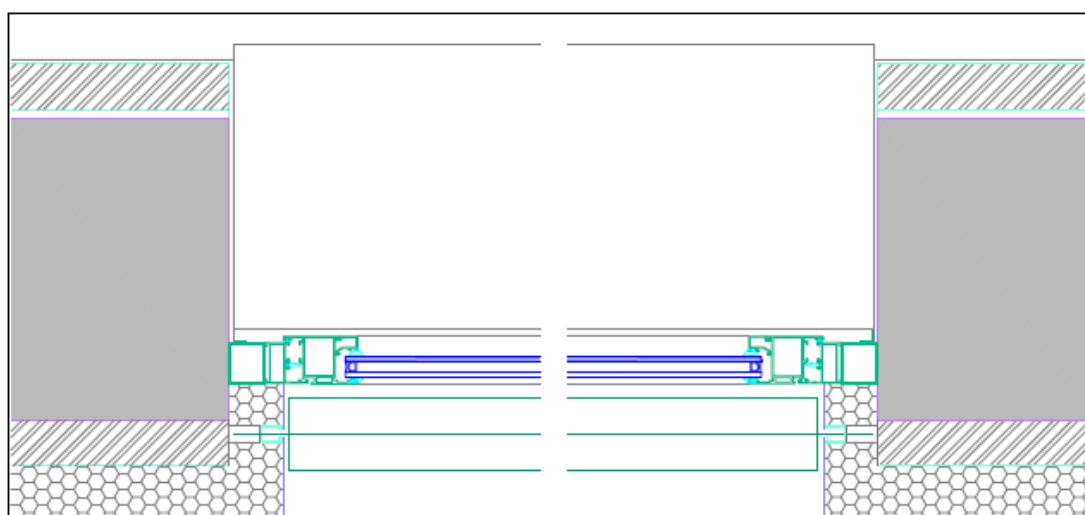


Fig.70 – Reforço da Zona dos Vãos



Pormenor horizontal

Dobragem do sistema de isolamento pelo exterior em ombreiras c/ calha para estore ext.

Fig.71 – Pormenor do Sistema ETICS nos Vãos de Fachada

Em zona de fachada acessível, a armadura foi colocada com um reforço até uma altura de 2 m relativamente ao nível do solo.

Em todas as escolas foi efectuado um reforço anti-vandalismo, com vista a conferir uma protecção mecânica ao sistema nas superfícies susceptíveis de directa interacção humana, assim procedeu-se ao reforço, numa faixa de 2,0 m (ou alinhando pela cota das padieiras), deste revestimento da seguinte forma: nesta zona a sistema foi reduzido em 1 cm na espessura de maneira a assimilar a espessura do reboco, ficando na mesma planimetria do pano superior (Fig.72 – Reforço Anti-vandalismo). A colagem das placas de poliestireno foi feita através de barramento contínuo com argamassa adesiva e posterior fixação mecânica das placas com buchas de forma a penetrar pelo menos 4 cm no suporte. Barramento das placas isolantes com argamassa adesiva, armada com rede de fibra de vidro e efectuando os devidos reforços.



Fig.72 – Reforço Anti-vandalismo

5.2.1.2. EXECUÇÃO DE REBOCOS

Nas duas escolas da zona centro do país o método construtivo mais utilizado na reabilitação das fachadas foi a reparação e execução de novo reboco. Na Escola B para além da execução do reboco foi ainda aplicado revestimento cerâmico em algumas paredes da fachada.

A execução da recuperação das superfícies em reboco dos paramentos exteriores existentes, incluiu a preparação das superfícies para posterior aplicação de salpisco, emboço e reboco.

A preparação das superfícies incluiu a preparação do suporte com lavagem com jacto de água, picagem do betão ou aplicação de primário no sentido de melhorar as condições de aderência.

Na transição de materiais de diferentes resistências foi ainda aplicada rede de fibra de vidro. A aplicação da rede foi feita entre duas demãos de reboco, estendo-se a mesma por mais 15 cm para cada uma das extremidades do elemento de betão armado (Fig.73 – Zona de Transição de Materiais Diferentes).

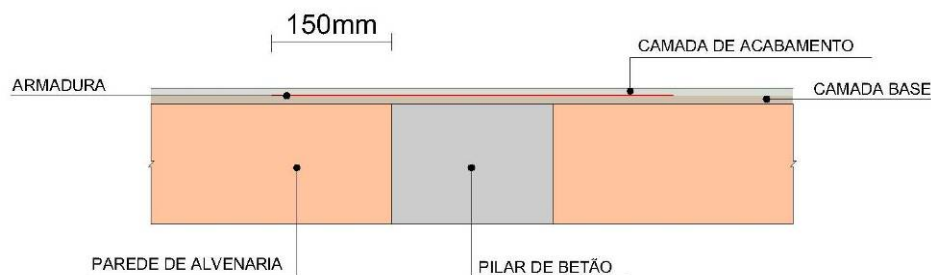


Fig.73 – Zona de Transição de Materiais Diferentes

Os cantos dos vãos das portas de entrada e das janelas do rés-do-chão foram também reforçados com rede de fibra de vidro, aplicada a 45°, prolongando-se 15 cm (janelas) e 20-30 cm (portas) para cada lado da diagonal que passa pelo canto a reforçar.

Na maioria dos paramentos de fachada destas duas escolas o revestimento final foi pintura com tinta plástica acrílica. Na Escola A para além da tinta foi aplicado sobre o reboco em algumas das paredes de fachada um revestimento cerâmico constituído por mosaicos de grés vidrado.

O facto de nestas duas escolas a solução construtiva utilizada na reabilitação das fachadas ter sido a de recuperação das superfícies de reboco com a execução de novo reboco, permitiu manter elementos construtivos que fazem parte da fachada, tais como peitoris, ombreiras, caixas de estores, caixilharia, sistemas de drenagem pluvial, tubagens exteriores, etc. (Fig.74 e Fig.75 – Recuperação da Fachada com Reboco Escola B - Antes/Depois da reabilitação).

Para estas duas escolas não existe informação/dados técnicos dos materiais aplicados, devido a não ter tido acesso às Fichas Técnicas dos mesmos.

Na execução do revestimento cerâmico o cimento cola utilizado foi de ligantes mistos adequado ao suporte em reboco, e de forma a proteger os revestimentos cerâmicos de dilatações e contracções, foram executadas juntas de colocação e de fraccionamento, as juntas de colocação com 5mm de largura como mínimo, e as juntas de fraccionamento com 1cm (Fig.76 – Fachada com Cerâmico) (Fig.77 – Execução de Juntas de Dilatação).



Fig.74 – Recuperação da Fachada com Reboco Escola B (Antes/Depois da reabilitação) –

Exterior_Blocos D e C



Fig.75 – Recuperação da Fachada com Reboco Escola B (Antes/Depois da reabilitação) – Exterior_Blocos E e F

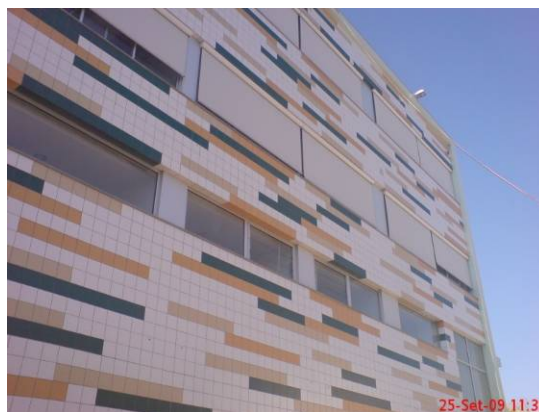


Fig.76 – Fachada com Cerâmico Escola A – Vista Geral



Fig.77 – Execução de Juntas de Dilatação/Fraccionamento

5.2.2. VÃOS EXTERIORES (CAIXILHO E VIDRO)

Os edifícios escolares apresentam algumas particularidades em relação aos restantes, função do seu perfil de ocupação. Num edifício escolar a taxa de ocupação é muito elevada, podendo chegar a quatro vezes mais ocupantes por metro quadrado do que num edifício de escritórios. Os ocupantes

passam grande parte do seu tempo dentro das salas de aulas, valor que só é ultrapassado pelo tempo que passam nas suas habitações. Assim, esta característica única dos edifícios escolares deve ser tida em conta na escolha dos envidraçados.

Em relação ao isolamento a sons aéreos, o isolamento entre o exterior e o interior, depende essencialmente do tipo de isolamento de fachada e do vão envidraçado, em especial do caixilho e do vidro, daí a importância da escolha de materiais com características adequadas para estes dois elementos.

5.2.2.1. MATERIAIS APLICADOS (ESCOLA E):

- Características do caixilho seleccionado:

O material utilizado para os caixilhos foi o alumínio anodizado. A liga de Alumínio referenciada foi 6063 com tratamento térmico T5 e acabamento acetinado Classe 15 (esp. mínima 15 µm).

- Selecção / características do vidro

As soluções apresentadas pelo Fornecedor foram:

- 33.1 (Ar 12) 44.1 Planitherm Ultra N – Vidro interior e exterior laminados, tendo o vidro exterior um tratamento térmico;

- Planitherm Total Temp (Ar 14) 33.1 - Vidro exterior temperado e vidro interior laminado.

5.2.2.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Na reabilitação das fachadas das três escolas da zona norte do país a solução construtiva adoptada foi a da aplicação do sistema ETICS na totalidade das fachadas, o que trouxe várias vantagens em termos de resposta às exigências funcionais. Dado a caixilharia exterior participar também na função de separação do interior/exterior, ser um elemento de descontinuidade na envolvente dos edifícios e um componente da construção sensível foi adoptado para estas três escolas a substituição na íntegra dos caixilhos e vidros existente por uns com características técnicas adequadas e capazes de assegurar que o desempenho final da fachada no seu todo atinja as exigências necessárias decorrentes das características de utilização.

Assim, a reabilitação com substituição dos vãos envidraçados existentes visou: reforçar o isolamento térmico do edifício, reforçar o isolamento acústico, reduzir as infiltrações de ar não-controladas, aumentar a captação de ganhos solares no Inverno e reforçar a protecção da radiação solar durante o Verão.

Todas estas medidas contribuirão não só para a melhoria das condições de conforto e de qualidade do ar no interior dos edifícios mas também para a redução das necessidades de consumo de energia dos edifícios.

Para além dos caixilhos e vidros, toda a zona da envolvente dos vãos das janelas tais como ombreiras e peitoris foram substituídas e adoptadas novas soluções, isto devido por um lado ao aumento de espessura provocado pela aplicação do sistema ETICS, e por outro para permitir a compatibilização com as novas caixilharias de alumínio.

Antes da aplicação do caixilho foi aplicada umas chapas do lado exterior dos peitoris (Fig.78 Aplicação de Chapa Metálica) (Fig.79 – Pormenores de Vão de Janela).



Fig.78 - Preparação dos Vãos Exteriores – Aplicação de Chapas do Lado Exterior dos Peitoris

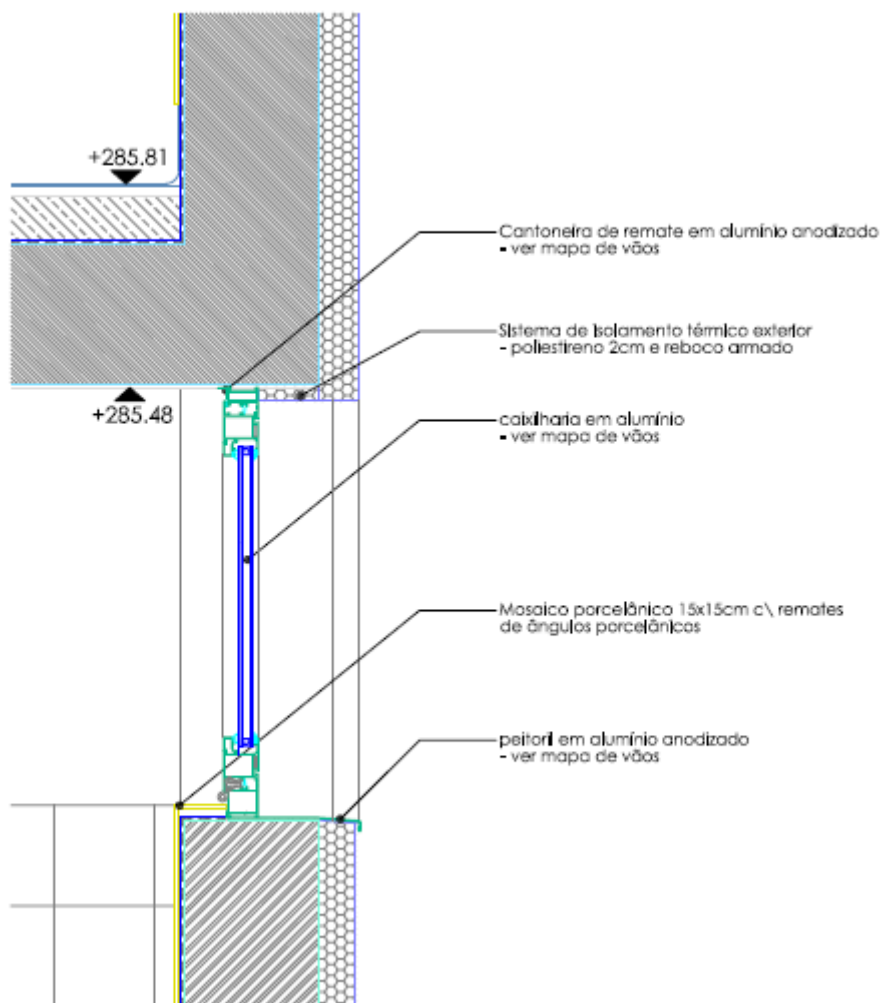


Fig.79 – Pormenor de Vãos de Janela

Todos os caixilhos foram executados de forma a garantir a necessária rigidez do conjunto, o perfeito funcionamento dos painéis e ser absolutamente estanques.

A estanquidade da junta entre o aro de alumínio e o vão foi garantida em todo o perímetro pela utilização de produtos de selagem de qualidade comprovada montados sobre cordões de selagem (fundos de juntas) (Fig.80 - Pormenor de Caixilhos).



Fig.80 – Pormenor de Caixilhos

No caso das escolas da zona centro do país, os vãos externos foram mantidos. A reabilitação destes foi efectuada através da execução de recuperação, montagem e afinação dos vãos, e eventual substituição de elementos existentes caso os mesmos se apresentassem danificados (Fig.81 – Antes e o Depois da Reabilitação dos Vãos).

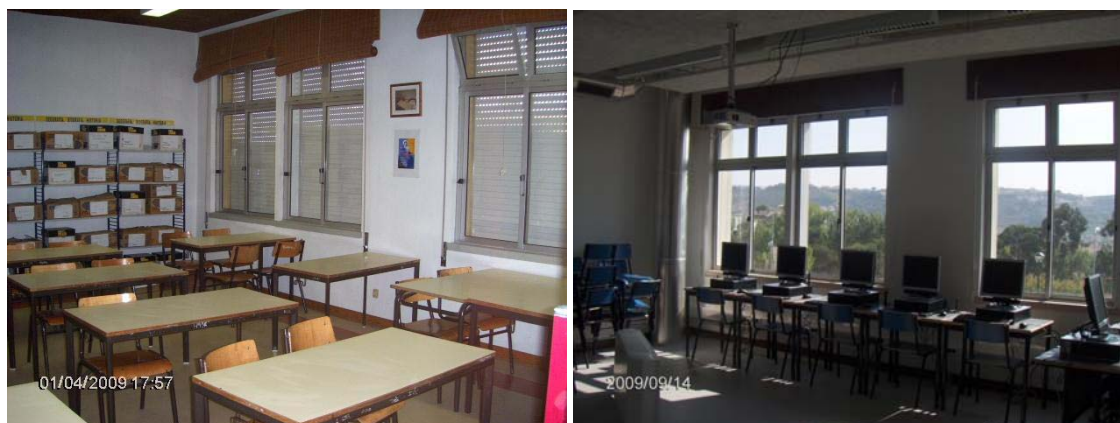


Fig.81 – Vãos de Janela (Escola B) – Antes e o Depois da reabilitação

5.2.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURAS

1.2.3.1. COBERTURAS INVERTIDAS

Nas coberturas planas não acessíveis dos edifícios foi executado o sistema tradicional de cobertura invertida.

5.2.3.1.1 MATERIAIS APLICADOS

O sistema tradicional de cobertura invertida é constituído por:

- Camada de forma em betão leve (execução de pendentes e caleiras)
- Betonilha de regularização
- Impermeabilização com telas asfálticas elastómeras
- Feltro geotêxtil;
- Isolamento térmico com poliestireno extrudido (8 - 10cm de espessura);
- Godo lavado de granulometria 20/30mm, na espessura mínima de 5 cm.

5.2.3.1.2 TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

O suporte antes da aplicação foi convenientemente limpo de poeiras, rugosidades e as fendas refechadas (Fig.82 – Limpeza e Desmantelamento de Telas de Impermeabilização Existentes).

Foi executada uma camada de forma em betão leve cuja altura mínima, na parte mais baixa, de 3 cm; a superfície desta camada será regularizada e alisada, de forma a obter-se a inclinação mínima de 1,5%.

Após a secagem devida da camada de forma e previamente à aplicação das membranas de impermeabilização, aplicou-se a emulsão betuminosa constituída por uma camada uniforme.

No remate com as paredes envolventes foi executada uma meia-cana para assentamento da tela de impermeabilização (Fig.83 – Aplicação de Tela de Impermeabilização).

De seguida, os rolos das membranas de betume-polímero reforçado a fibra de vidro, foram desenrolados sem ficarem sujeitos a tensões e alinhamentos sobre o suporte de modo a que a largura de sobreposição dos mesmos, nas juntas longitudinais e transversais não seja inferior a 0,10 m.

Uma vez alinhadas as membranas e sobreposições foram novamente enroladas, desenrolando-se novamente fazendo-se a sua fusão ao longo das juntas de sobreposição, em toda a sua largura, e por soldadura com recurso a meio de chama, compactando-se a junta, de forma a garantir uma colagem eficiente entre membranas (Fig.84 – Aplicação de Tela de Impermeabilização).

Foi intercalada uma lâmina de feltro geotêxtil de grande densidade, para dissociação de camadas entre os dois materiais (Tela/Poliestireno) (Fig.85 – Pormenor Cobertura Invertida).

Nos remates de juntas de dilatação e platibandas foi aplicado um rufo de zinco de protecção do sistema (Fig.86 – Pormenor de Junta de Dilatação em Cobertura) (Fig.87 – Pormenor Cobertura Invertida - Platibanda).



Fig.82 - Limpezas e Desmantelamento de Telas de impermeabilização existentes



Fig.83 - Aplicação de Telas Impermeabilizantes (1ª Tela)

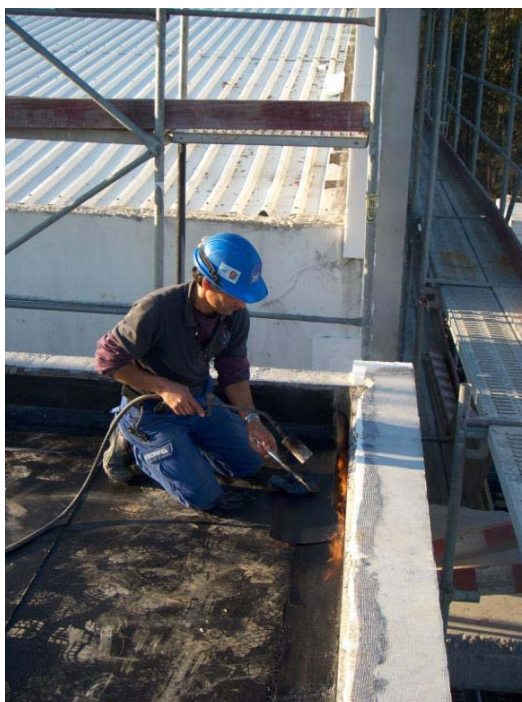


Fig.84 - Aplicação de Telas Impermeabilizantes (2ª Tela)

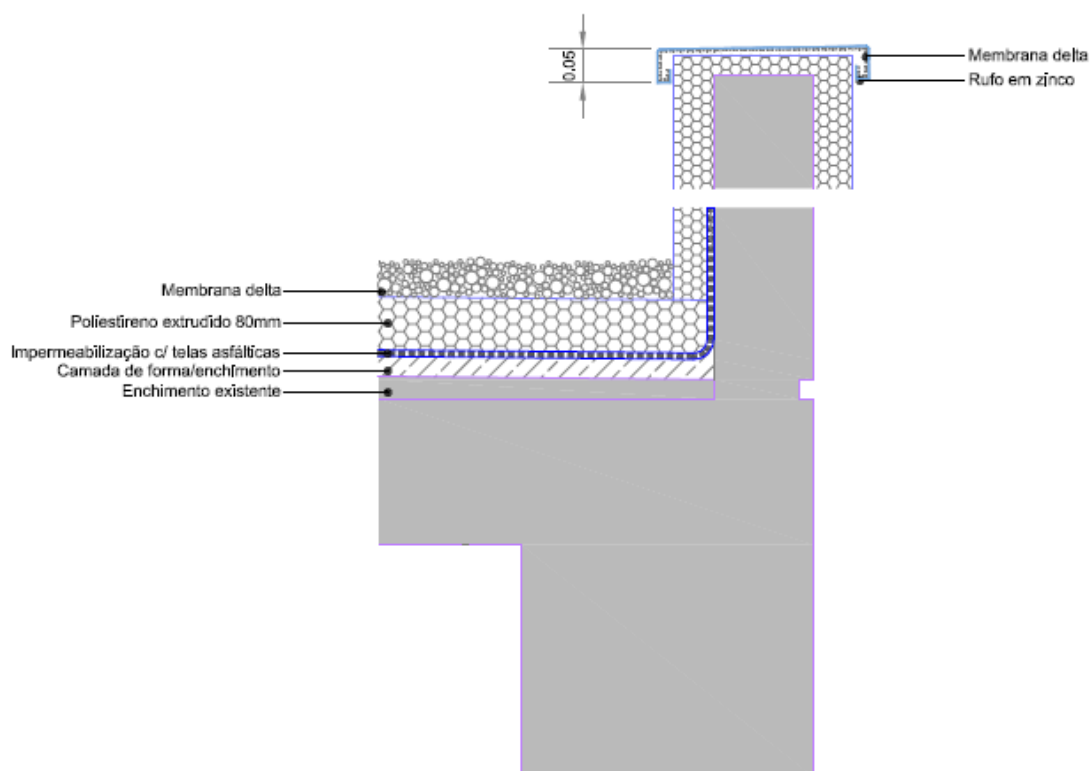


Fig.85 – Pormenor Cobertura Invertida (Constituição)

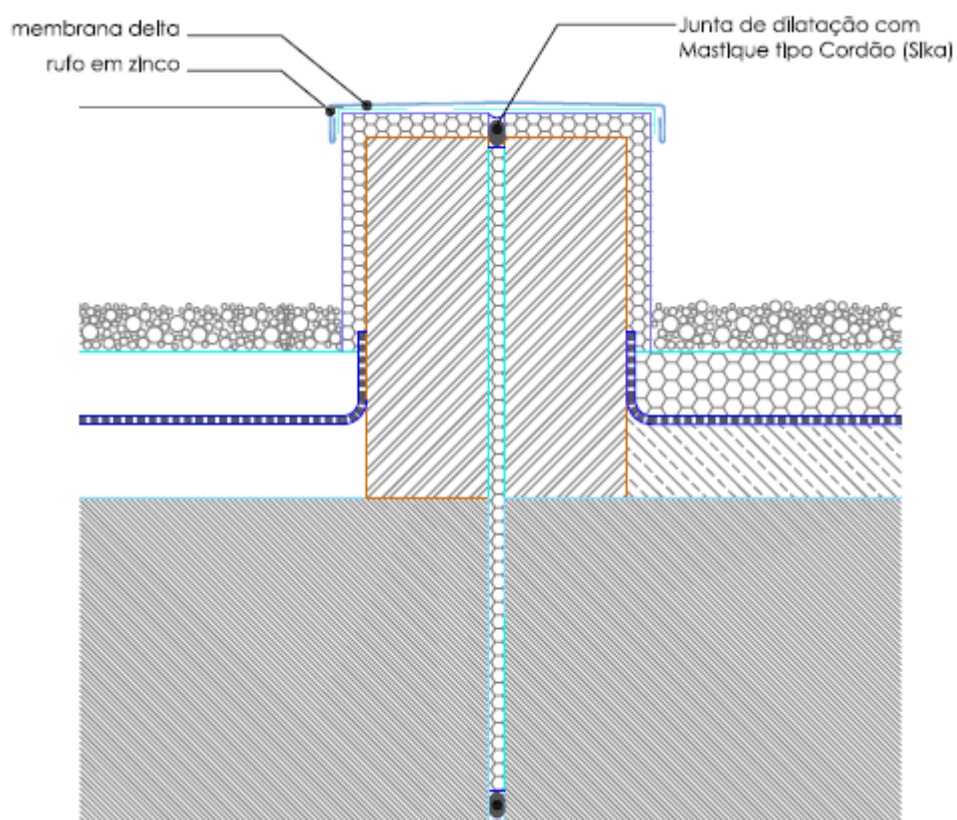


Fig.86 – Pormenor Cobertura Invertida (Junta de Dilatação)

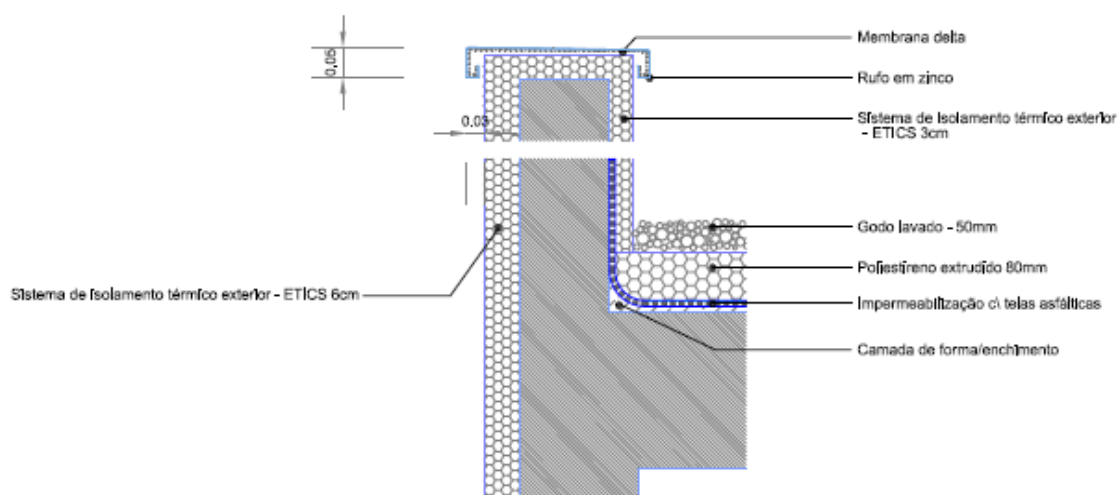


Fig.87 – Pormenor Cobertura Invertida (Platibanda)

Antes da aplicação do godó todas as coberturas foram sujeitas ao ensaio de estanquidade durante pelo menos durante 24 horas (Fig.88 – Ensaio de Estanquidade).

No final foi aplicado godó lavado como revestimento final (Fig.89 - Colocação de Godó na Cobertura).



Fig.88 – Ensaio de Estanquidade



Fig.89 - Colocação de godo na cobertura

5.2.3.2. COBERTURAS COM PAINÉIS

As coberturas com painéis serão executadas nas coberturas inclinadas dos edifícios existentes, constituídas por lajes aligeiradas anteriormente cobertas com chapas de fibrocimento.

Nas naves dos pavilhões gimnodesportivos foi executado um sistema de cobertura composto por painéis sanduíche isotérmicos e acústicos.

A norma aplicável é a EN 14509:2006 - Painéis sanduíche autoportantes, isolantes, com dupla face metálica – Produtos manufacturados – Especificações.

5.2.3.2.1 MATERIAIS APLICADOS

- Painei Sandwich (Fig.90 – Painei Sandwich)
- Painei de Policarbonato Alveolar (Fig.91 – Paineis de Polocarbonato Alveolar)
- Painei com face inferior perfurada



Fig.90 – Painei Sandwich



Fig.91 – Painéis de Policarbonato Alveolar

5.2.3.2.2 TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

As coberturas inclinadas dos edifícios existente, constituídas por lajes aligeiradas, anteriormente recobertas com chapa de fibrocimento, foram revestidas com painéis sanduíche isotérmicos com lã de rocha, assentes por intermédio de perfis em chapa galvanizada (Fig.92– Aplicação dos Painéis Sandwich).

As caleiras existentes em betão, para onde escoam as águas destas coberturas inclinadas, foram impermeabilizadas por intermédio de pintura de emulsão betuminosa, duas telas asfálticas, uma com armadura de fibra de vidro e outra com revestimento superior mineralizado (Fig.93 e Fig.94 – Aplicação da Tela de Impermeabilização).

Sendo a impermeabilização feita por duas camadas, as juntas de cada uma devem fazer-se de modo a que nunca se sobreponham. As sobreposições para emendas numa mesma camada terão no mínimo o afastamento de 8 cm.

As telas serão rematadas em toda a periferia com um perfil em zinco.



Fig.92 – Aplicação dos Painéis Sandwich



Fig.93 – Aplicação da Tela de Impermeabilização (Zona das Caleiras)



Fig.94 – Aplicação da Tela de Impermeabilização (Zona das Caleiras)

Nos lanternins dos edificios existentes, donde foram removidos os painéis em policarbonato existentes, foi aplicado um duplo chapeamento em policarbonato alveolar, sobre a estrutura metálica existente (Fig.95 – Colocação dos Painéis de Policarbonato) (Fig.96 – Pormenor Cobertura em Painéis Policarbonato).

No final foi efectuado um remate nos painéis de forma a evitar a entrada para o seu interior de poeiras e outras sujidades (Fig.97 – Pormenor do Remate dos Painéis de Policarbonato).

Este tipo de painel permite a entrada de luz, dando grande luminosidade interior (Fig.98 – Vista Interior dos Painéis de Policarbonato).



Fig. 95 - Colocação dos Painéis de Policarbonato



Fig.96 – Pormenor do Remate dos Painéis de Policarbonato

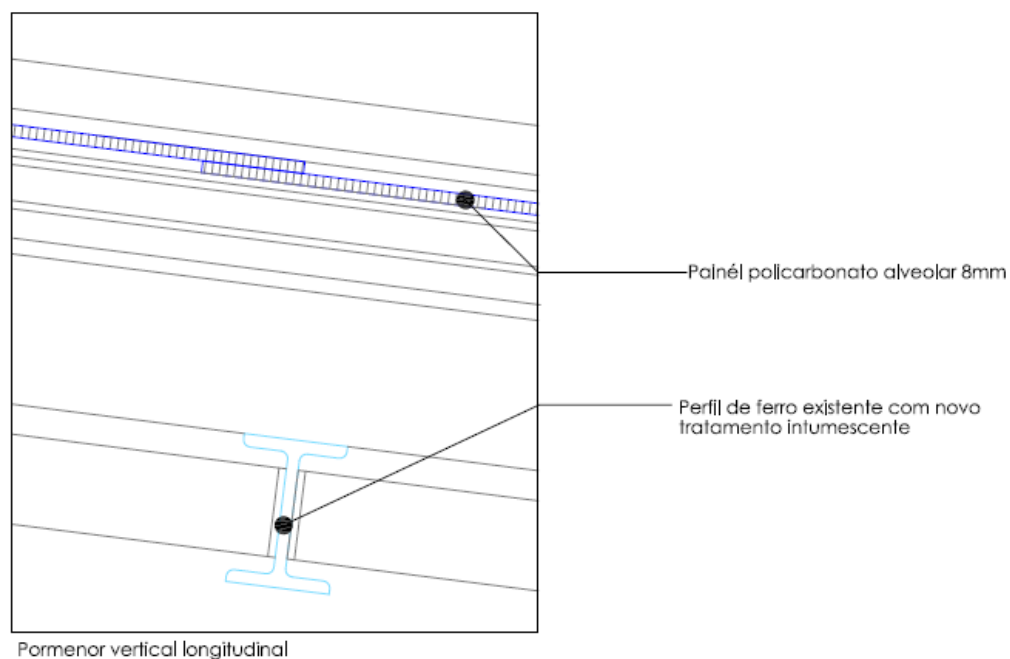


Fig.97 – Pormenor Cobertura em Painéis Polycarbonato



Fig.98 – Vista Interior dos Painéis de Polycarbonato

Na nave do pavilhão gimnodesportivo da Escola C, em que inicialmente estavam painéis de fibrocimento os quais foram removidos previamente ficando apenas a estrutura metálica (Fig.99 – Estrutura Metálica da Cobertura do Pavilhão), foi executado um sistema de cobertura composto por painéis sanduíche isotérmicos e acústicos, preenchidos com lã de rocha e com face inferior perfurada (Fig.100 – Colocação dos Painéis Sandwich) (Fig.101 – Pormenor de Cobertura com Painéis Sandwich).



Fig.99 – Estrutura Metálica da Cobertura do Pavilhão Gimnodesportivo



Fig.100 – Colocação dos Painéis Sandwich

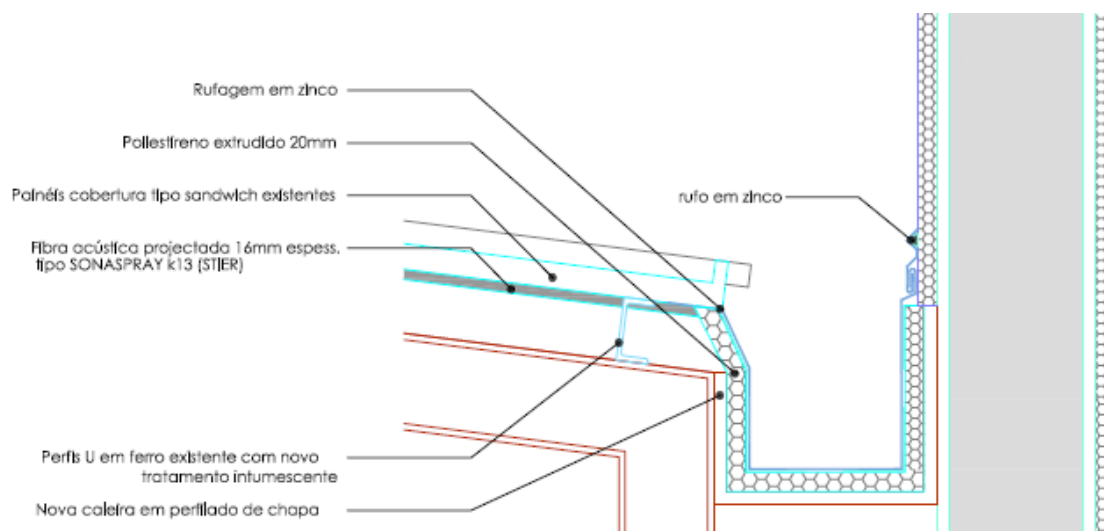


Fig.101 – Pormenor de Cobertura com Painéis Sandwich

Na parte lateral da cobertura do pavilhão gimnodesportivo foi aplicado painéis de policarbonato alveolar (painéis verticais), permitindo a entrada de luz (Fig.102 – Cobertura do Pavilhão Gimnodesportivo Finalizado e com a Utilização por Parte dos Alunos).



Fig.102 – Cobertura do Pavilhão Gimnodesportivo Finalizada e Abertura às Aulas

Noutros pavilhões gimnodesportivos, como o da Escola E, apenas foi efectuada uma revisão completa da cobertura do pavilhão, constituída por em painéis sandwich metálicos, com apenas a substituição das peças defeituosas (Fig.103 – Substituição de Peças Defeituosas).

O sistema de recolha de águas pluviais foi completamente substituído por nova rufagem em chapa de zinco e tubos de queda em zinco.



Fig.103 – Substituição Parcial – Peças Defeituosas

5.2.4. EXECUÇÃO DE PAREDES DIVISÓRIAS

5.2.4.1. UTILIZAÇÃO DE BLOCO TÉRMICO / BLOCO ACÚSTICO

O sucesso do processo de aprendizagem depende em grande parte das condições acústicas das salas de aulas e de outros espaços complementares.

O isolamento sonoro entre dois compartimentos depende do elemento de separação directo, em compartimentos contíguos, e da restante envolvente de cada compartimento.

O aumento de isolamento pode ser conseguido, entre outras formas, através do aumento da massa.

As alvenarias das 3 escolas da zona do grande Porto foram executadas utilizando essencialmente blocos de betão leve de agregados de argila expandida.

Os blocos de betão leve de agregados de argila expandida dispõem de furação vertical e de encaixe macho e fêmea nas faces de topo, permitindo a realização de juntas verticais secas.

5.2.4.1.1. MATERIAIS APLICADOS

- Alvenaria de bloco de argila expandida
- Alvenaria de blocos térmicos
- Alvenaria de blocos acústicos

(Fig.104 – Acondicionamento dos Blocos)



Fig.104 – Acondicionamento dos Blocos de Argila Expandida

5.2.4.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Dada a reabilitação dos edifícios caracterizar-se pela remodelação total das instalações existentes, de forma a adequar os espaços às novas necessidades de aprendizagem. A intervenção implicou a reorganização dos espaços e a divisão destes dentro dos edifícios através da execução das alvenarias em bloco (Fig.105 – Execução das Paredes entre Salas de Aulas e Salas de Aulas e Corredor de Circulação).



Fig.105 – Execução das Paredes entre Salas de Aulas e Salas de Aulas/Corredor de Circulação

O bloco levou argamassa apenas na junta horizontal, sendo esta de cerca de 1cm de espessura.

As juntas verticais entre blocos de betão leve serão secas e não levarão Argamassa (blocos de encaixe macho/fêmea).

Na base de assentamento, bem como no encontro com as lajes de tecto foi interposta camada de separação em poliestireno expandido de 1cm de espessura.

Para se obterem meios blocos e peças de remate, recorreu-se a peças específicas para o efeito que constituem o sistema, nomeadamente “meia altura, meia largura, remate liso, meio remate liso”.

No assentamento das alvenarias com bloco existiu especial atenção à verticalidade das paredes, para isso existiu maior cuidado na execução da primeira fiada, para que a parede cresça desempenada e perfeitamente alinhada. Antes do arranque da parede foi efectuado a medição do número de fiada de forma a garantir uma fiada de bloco inteiro no topo da parede (Fig.106 – Execução da Parede com Bloco).



Fig.106 – Execução da Parede com Blocos

5.2.4.2. UTILIZAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO

O tijolo cerâmico foi o material utilizado para execução das alvenarias nas duas escolas da zona da grande Lisboa. A intervenção a nível de divisão dos espaços não foi tão elevada como nas outras três escolas, a maioria dos espaços existentes foram mantidos.

5.2.4.2.1. MATERIAIS APLICADOS

Não existe informação/dados técnicos dos materiais aplicados, devido a não ter tido acesso às Fichas Técnicas dos mesmos.

5.2.4.2.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Os panos de alvenaria foram executados com tijolo cerâmico furado (Fig.107 - Execução das Paredes de Alvenaria de Tijolo). O assentamento dos tijolos cerâmicos foi efectuado utilizando argamassa ao traço 1:4.

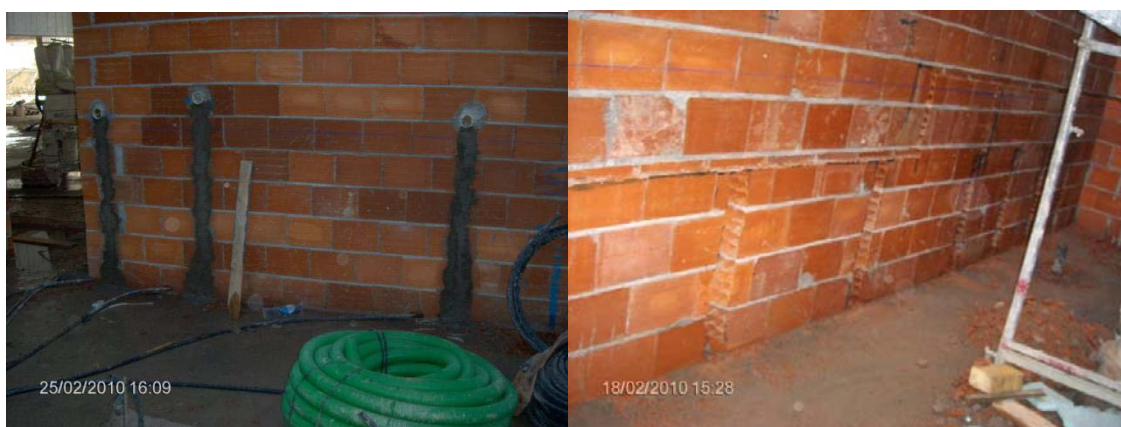


Fig.107 – Execução das Paredes de Alvenaria de Tijolo

5.2.5. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS

5.2.5.1. MATERIAIS SINTÉTICOS

A maior percentagem de revestimento de pavimentos interiores utilizados nas escolas em estudo é para materiais sintéticos.

O material sintético mais utilizado em pavimentos interiores em duas das escolas da zona norte foi a borracha pitonada (Escola D e Escola E).

Para além deste tipo de material foi também aplicado como material sintético o vinílico em PVC, incluindo plastificantes, estabilizadores, pigmentos e cargas minerais para assegurar resistência aos produtos químicos e ao desgaste e o linóleo em rolo e em mosaico.

Nos pavilhões Gimnodesportivos foi aplicado como revestimento de pavimento linóleo biodegradável, natural, permanentemente anti-estático, aconselhado para áreas destinadas à prática

desportiva e manta vinílica, formada por uma camada de desgaste espessa constituída por camadas de diferentes densidades de PVC, laminadas e comprimidas, com um reticulado de fibra de vidro altamente resistente, própria para pavimentos desportivos.

5.2.5.1.1. MATERIAIS APLICADOS

- Pavimentos em vinílico com características acústicas.
- Linóleo em rolo e em mosaico.
- Pavimento em manta de borracha pitonada preta.
- Pavimento desportivo em manta vinílica com características técnicas e desportivas adequadas para a prática do desporto.

5.2.5.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

A aplicação de pavimento com materiais sintético obriga a um controlo apertado da humidade do suporte. Para isso antes da aplicação do revestimento foi efectuado o ensaio para avaliação do estado do suporte.

Em pavimentos com vinílicos e em pavimentos com linóleo, existiu um cuidado para que a base da betonilha estivesse bem firme, limpa, plana, regularizada, e seca, não contendo humidade permanente superior a 2,5%.

Todas as superfícies reabilitadas foram devidamente preparadas por um método mecânico adequado, nomeadamente procedeu-se ao tratamento de fissuras existentes (Fig.108 – Preparação das Superfícies).



Fig.108 – Preparação das Superfícies

Depois, sobre a betonilha com acabamento liso, não areado, foi sempre aplicada uma massa de regularização com a espessura de 1 mm (Fig.109 – Colocação de Massa de Regularização). A colagem foi efectuada com cola de contacto própria (Fig.110 - Colocação de Manta Vinílica no Pavilhão Gimnodesportivo).



Fig.109 - Colocação de Massa de Regularização para Execução de Manta Vinílica no Pavilhão



Fig.110 - Colocação de Manta Vinílica no Pavilhão Gimnodesportivo

Com o objectivo de determinar a boa condição do suporte para a colocação dos revestimentos de pavimento com materiais sintéticos, foram realizados ensaios para avaliar o teor de humidade das betonilhas (Fig.111 – Picagem da Betonilha para obtenção da Amostra para Ensaio). O teor de humidade recomendado para a aplicação da manta vinílica foi de $H < 3,0\%$ (Fig.112 – Leitura dos Resultados).



Fig. 111 – Execução do Ensaio para Determinação do Teor de Humidade do Pavimento



Fig. 112 – Leitura dos Resultados do Ensaio

Antes da aplicação da borracha pitonada, foi sempre aplicada uma massa de regularização com espessura de 1 mm (Fig.113 – Colocação de Massa de Regularização).

A aplicação da borracha pitonada foi efectuada através de colagem feita com cola de contacto. As juntas foram soldadas a frio com mastic sendo o material pressionado através de cilindragem, de forma a garantir uma completa adesão da manta ao pavimento (Fig.114 – Colocação da Borracha Pitonada).

Na junção do pavimento de borracha com outros materiais, em particular com materiais de maior dureza (autonivelante, soleiras, etc.), foi colocado um remate em perfil de alumínio, de forma a proteger a descolagem prematura da manta (Fig.115 - Pormenor Pavimento com Borracha Pitonada).



Fig.113 - Colocação de Massa Regularizadora para Colocação de Borracha Pitonada



Fig.114 - Colocação de Borracha Pitonada no Corredor de Circulação e Sala do Edifício

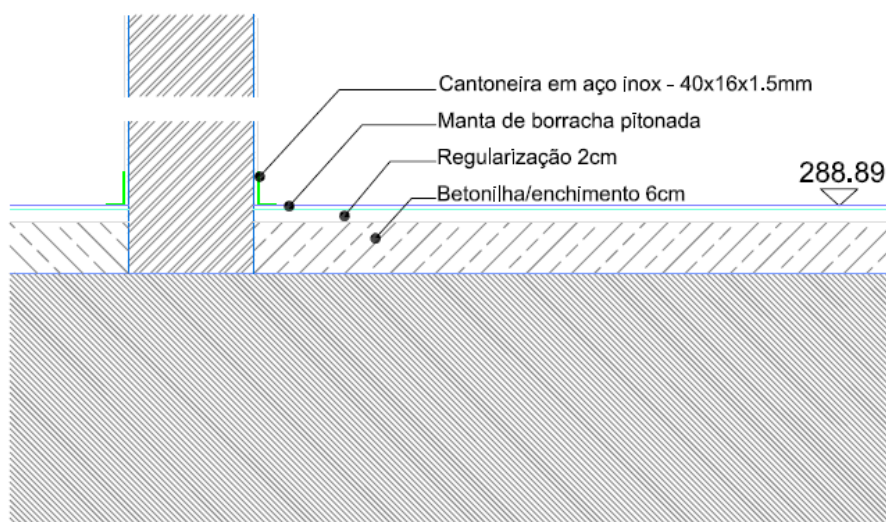


Fig.115 – Pormenor do Pavimento com Borracha Pitonada

5.2.5.2. RESINAS EPOXY

Para além de materiais sintético também foi muito utilizado a aplicação de pavimentos auto-nivelantes, argamassa à base de resina epoxy. Trata-se de argamassas auto-alisantes, destinada aos revestimentos de pavimentos com excelente resistência química.

5.2.5.2.1. MATERIAIS APLICADOS

Pavimentos auto-nivelantes, em argamassa à base de resina epoxy sem solventes, fluida e auto-alisante, em três componentes.

5.2.5.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Foi aplicado um primário epoxy, areia de sílica seca, com humidade máxima de 2% e por fim aplicação da camada de auto-nivelante à base de resina epoxy.

A execução faz-se com passagem de rolos de picos em várias direcções para retirar bolhas de ar que se possam formar e por fim a aplicação da camada de acabamento de revestimento em epoxy colorido. O rodapé foi efectuado em meia cana (Fig.116 – Pormenor de Pavimento com Epoxy).

A aplicação dos pavimentos auto-nivelantes requereu alguns cuidados a nível da sua aplicação e após o trabalho concluído. Trata-se de uma solução muito dependente do aplicador, pouco mecanizada e estandardizada, com grande susceptibilidade de ocorrência de grandes heterogeneidades em termos de aspecto, grande probabilidade de ocorrência de riscos e tempos de espera grandes entre a aplicação das diversas camadas com grandes consequências a nível de aspecto final e de resistência.

Tal como a aplicação de materiais sintético, também o pavimento com resinas epoxy obrigou a um cuidado extremo com o teor de humidade do suporte (betonilha).

Nos pavimentos a reabilitar com a aplicação de auto-nivelantes à base de resina epoxy existiu um grande cuidado na preparação do suporte, nomeadamente no tratamento/reparação de pequenos defeitos tais como, buracos, corrosão, fissurações, tratamento/reparação de grandes desnivelamentos e zonas fortemente degradadas e tratamento de juntas de forma a criar uma boa ligação do revestimento com o suporte (Fig.117 – Aplicação de Pavimento em Autonivelante Epoxy).

Para além da verificação do teor de humidade do pavimento, existiu também uma verificação às zonas adjacentes aos pavimentos donde pudessem surgir humidades ascensionais (exemplo: soleiras, terreno periférico)

Foram cumpridos na íntegra todos os tempos (pot-life, tempo de espera entre camadas, tempo para ser transitável) recomendados. Após conclusão dos trabalhos existiu o cuidado de proteger o pavimento, de forma a evitar a deterioração durante a execução de outros trabalhos.

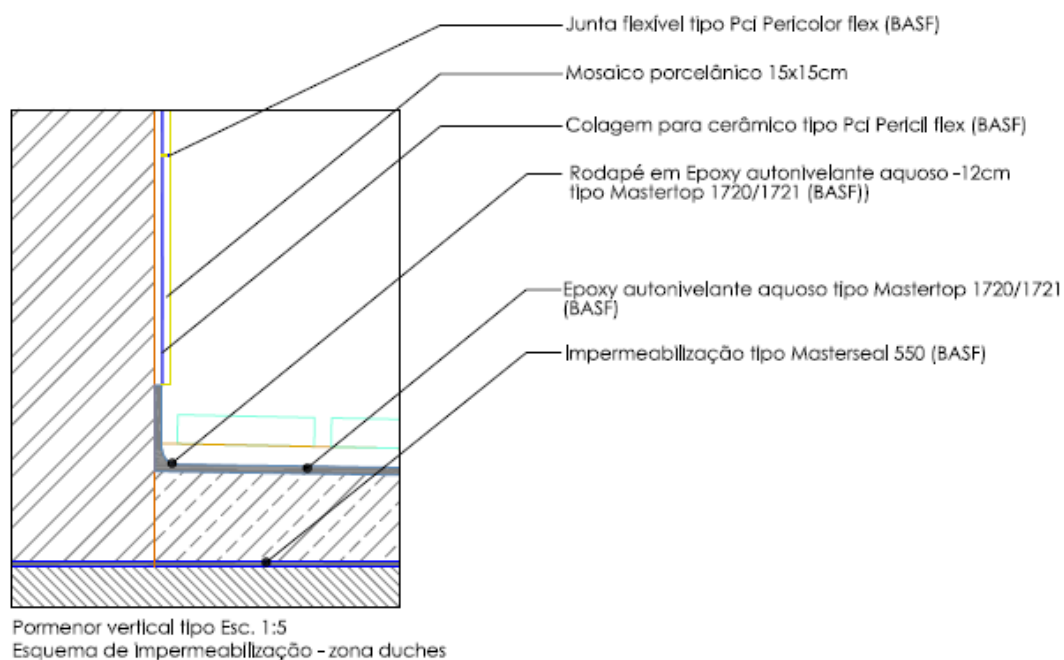


Fig.116 – Pormenor de Pavimento com Epoxy



Fig.117 - Aplicação de Pavimento em Autonivelante Epoxy nos Balneários

5.2.6. REVESTIMENTOS DE TECTOS

5.2.6.1. PLACAS DE GESSO E OUTRAS PLACAS

Nas salas de aulas dos edifícios foram aplicados materiais com características acústicas. Assim como nos pavilhões gimnodesportivos.

5.2.6.1.1. MATERIAIS APLICADOS

Nos edifícios foram utilizadas:

- Placas de limalha de madeira de abeto, mineralizadas e ligadas com cimento Portland Branco de alta resistência (Escola A e Escola B)
- Gesso cartonado acústico perfurado com lã de rocha (Escola C, Escola D e Escola E).

5.2.6.1.2. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Na reabilitação nas cinco escolas os trabalhos a nível de especialidades tiveram um grande peso nas propostas globais das empreitadas. Em todas as escolas a intervenção a nível das instalações e equipamentos eléctricos, instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado AVAC foi total. Esta intervenção teve implicações a nível dos revestimentos dos tectos, existe uma grande interligação entre estas actividades.

Tratando-se de escolas em que a componente da acústica é um requisito essencial, na reabilitação destas a intervenção a nível dos revestimentos de tecto foi importante de forma a dotar as escolas de características que cumprissem com as exigências a nível do conforto acústico.

Nas escolas da zona centro foram aplicadas placas de limalha de madeira de abeto, mineralizadas e ligadas com cimento portland. Este tipo de painéis isolante acústico foi colocado suspenso e à vista (Fig.118 – Antes e depois da intervenção com a aplicação das Placas de Limalha de Madeira).



Fig.118 – Placas de Limalha de Madeira de Abeto Aplicadas na Sala (Escola B) –

Antes e Depois da intervenção

Nas escolas da zona norte a solução de revestimento de tectos utilizada foi a de placas de gesso cartonado com lã de rocha.

Antes da aplicação da estrutura metálica foram desempenados de forma a ficarem direitos, não apresentando diferenças superiores a 1.0 mm. Foi aplicada uma estrutura constituída por régua de chapa metálica, as quais foram suspensas a elementos rígidos através de elementos metálicos apropriados. Todos os elementos metálicos utilizados foram em materiais inoxidáveis ou com protecção anti-corrosiva adequada. Depois a lã de rocha foi aplicada sob a estrutura metálica (Fig.119 – Colocação de Lã de Rocha). E posteriormente efectuada a placagem das placas de pladur (perfurado) (Fig.120 – Placagem de Tectos com Pladur). Existiu cuidados especiais no emassamento de juntas e parafusos de ligação de forma a eliminar ressaltos e descontinuidades dos materiais (Fig.121 – Emassamento das placas de pladur). Aplicado um primário e depois a tinta final (Fig.122 – Execução de Primário e Pintura 1ª Demão) (Fig.123 – Pormenor de Tectos com Placas de Gesso Cartonado com Lã-de-Rocha)



Fig.119 - Colocação de Lã de Rocha no Tecto dos Compartimentos



Fig.120 - Placagem de Tectos de Pladur



Fig.121- Emassamento de Juntas/Barramento dos Tectos de Pladur



Fig.122 - Execução de Primário e Pintura-1ª Demão nos Tectos das Salas de TIC

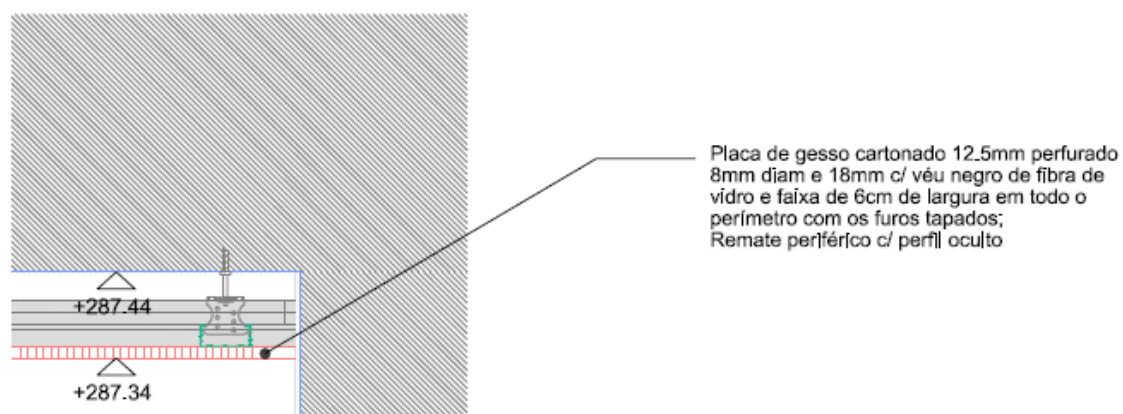


Fig.123 – Pormenor de Tectos com Placas de Gesso Cartonado com Lã-de-Rocha

6

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

6. EXIGÊNCIAS E NÍVEIS DE QUALIDADE

Para a definição de um perfil de desempenho dos edifícios escolares antes da intervenção e o perfil de desempenho desejável após a intervenção, foi seguido o modelo apresentado em [1]. Esta avaliação exigencial do desempenho permite projectar um perfil exigencial considerado aceitável ou desejável e avaliar as modificações introduzidas nos edifícios de forma a corrigi-los para o perfil desejável.

A avaliação exigencial que consta em [1] apenas se aplica aos elementos da envolvente externa, nomeadamente revestimento de fachada, vãos exteriores (caixilhos e vidro) e revestimento de cobertura.

Para os restantes elementos construtivos, paredes divisórias, revestimentos de pavimentos e revestimentos de tectos, a avaliação exigencial utilizada foi a desenvolvida e proposta no Capítulo 2.

6.1. REVESTIMENTOS DE FACHADA

6.1.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS

Quadro 31 – Exigências Aplicáveis a Revestimentos de Fachada [1]

Exigência	Descrição
Isolamento Térmico da Envolvente	Conforto térmico (inverno e verão) e correcção/tratamento das pontes térmicas
Comportamento ao Fogo	Capacidade de reacção ao fogo

Quadro 32 – Perfis da Avaliação Exigencial [1]

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção					Avaliação Exigencial Actual Desejável				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Isolamento Térmico da Envolvente										
Comportamento ao Fogo					-					-

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

Antes da intervenção realizada, as escolas apresentavam de uma forma geral para os revestimentos de fachada existentes uma avaliação para a exigência de isolamento térmico da envolvente de insuficiente (1) e para a exigência do comportamento ao fogo de boa (3).

EXIGÊNCIA: Isolamento Térmico

A avaliação do isolamento térmico foi efectuada, utilizando como referência os valores apresentados no RCCTE, DL80/2006 de 2 de Abril de 2006 [7].

O RCCTE define três zonas climáticas de Inverno I1 I2 e I3. As três escolas da zona norte do país localizam-se na zona climática I2 e as duas escolas da zona centro do país localizam-se na zona climática I1.

Quadro 33 – Valores do Coeficiente Global de Transmissão Térmica de Referência e Máximo Admissível de Elementos Opacos [7]

Elementos Exteriores em Zona Opaca Vertical Corrente	I2	I1
	W/m ² °C	W/m ² °C
Valores de referência	0,60	0,70
Valores máximos	1,60	1,80

Para a exigência de isolamento térmico da envolvente, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a comparação do coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo com o valor do coeficiente de transmissão térmica de referência preconizado no RCCTE:

$$X = U / U \text{ referência.}$$

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo

A segurança contra incêndio nos edifícios escolares é outra das características fundamentais nas paredes de fachada. Os materiais constituintes das paredes de fachada deverão ter um bom comportamento ao fogo.

As classes de reacção ao fogo estão especificadas segundo a especificação LNEC E 365-90 e segundo o DL 220/2008 que adopta o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e 2000/376/CE e 2003/629/CE, respectivamente ao sistema de classificação da resistência ao fogo [10].

6.1.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS

Quadro 34 – Dados das Fichas Técnicas dos Materiais/Sistemas Aplicados

Escola	Tipo Sistema / Material	Dados Técnicos
Escola A e Escola B	Parede Dupla	- Parede Dupla 11 + 15 sem Isolamento Térmico ($U = 0,96 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12] - Reacção ao fogo M1
Escola C	Sistema ETICS	- Isolamento Térmico: Poliestireno Expandido com 5 cm de espessura ($U = 0,52 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12] - Reacção ao fogo M1 (não inflamável)
Escola D e Escola E	Sistema ETICS	- Isolamento Térmico: Poliestireno Expandido com 6 cm de espessura ($U = 0,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12] - Reacção ao fogo M1 (não inflamável)

Considerando os dados técnicos das obras, a avaliação exigencial dos revestimentos de fachada é a seguinte:

Quadro 35 – Desempenho Face às Exigências

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção	Avaliação Exigencial Actual Desejável	Avaliação Exigencial Actual
Isolamento Térmico da Envolvente	1 – Insuficiente	4 – Muito Bom	Parede Dupla: Escola A e B $X = 1,60$ 1 - Insuficiente
			Sistema ETICS: Escola D e E $X = 0,75$ 3 - Bom
			Sistema ETICS: Escola C $X = 0,87$ 3 - Bom
Comportamento ao Fogo	3 – Bom	3 – Bom	3 – Bom

O sistema ETICS apresenta uma avaliação exigencial para a exigência de isolamento Térmico de bom (3) ficando abaixo do nível exigencial desejável (4). Para melhorar o desempenho de forma a atingir o desejável seria necessário ter utilização um isolamento térmico com maior espessura.

No entanto o isolamento térmico pelo exterior é hoje reconhecido, de forma incontestável, como uma solução técnica de alta qualidade, com diversas vantagens sobre outros tipos de soluções que não garantem isolamento contínuo.

O ETICS permite a reabilitação de fachadas com a possibilidade de execução sem restrições de ocupação do edifício, resolvendo um conjunto de problemas, e proporcionando simultaneamente a renovação estética das fachadas sem necessidade de realizar demolições profundas.

Na aplicação deste sistema existe a possibilidade de aplicação sobre suportes heterogéneos com condições de aderência bastante diferentes, de ultrapassar algumas irregularidades ou depressões localizadas no suporte utilizando acessórios próprios de fixação mecânica.

O sistema permite o aumento da inércia térmica interior dos edifícios, dado que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior do isolamento térmico. Este facto traduz-se na melhoria do conforto térmico de Inverno, devido à capacidade de regulação e aproveitamento dos ganhos solares, em que o isolante funciona como barreira à saída do calor proveniente dos raios solares que penetram no interior no edifício. E melhoria do conforto térmico de verão, igualmente devido ao aumento de inércia térmica interior, absorvendo o calor nas horas mais quentes do dia para o restituir durante a noite, atrasando assim o pico horário, neste caso o isolante funciona como barreira à entrada de calor, que leva mais tempo até chegar à massa interior das parede e ao interior em si, ao mesmo tempo que o preserva para durante a noite.

Assim o bom comportamento do ponto de vista de protecção térmica permite melhorar a eficiência das paredes, diminuindo radicalmente as amplitudes de temperatura ambiente no interior dos edifícios.

Os riscos de formação de condensações internas, provocadas pela existência de pontes térmicas e de tensões de origem higrotérmica induzidas pela exposição às agressões atmosféricas, são reduzidos por se envolver toda a superfície da fachada com um revestimento contínuo (um mesmo coeficiente de transmissão térmica global da envolvente). A anulação das pontes térmicas permite resultados próximos de uma parede homogénea, sem perdas de calor causadas pela existência localizada de materiais de maior condutibilidade térmica (ligações entre elementos construtivos). Assim, é possível obter o mesmo coeficiente de transmissão global da envolvente que a solução construtiva com revestimentos cerâmicos não permite, requerendo tratamentos especiais, em determinados pontos singulares (pontes térmicas) para que o sistema funcione.

A intervenção nas fachadas das escolas do centro do país (Escola A e Escola B) foi essencialmente a nível de execução de recuperação de superfícies em betão descofrado e recuperação e execução de revestimentos em reboco. Em algumas fachadas da Escola A foi ainda aplicado sobre o reboco mosaico cerâmico. A intervenção nestas duas escolas a nível de reabilitação de fachadas não incluiu a aplicação de isolamento térmico, pelo que a avaliação exigencial actual mantém-se igual à inicial antes da intervenção.

6.2. VÃOS EXTERIORES (CAIXILHARIA E VIDRO)

6.2.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS

Quadro 36 – Exigências Aplicáveis às Caixilharias [1]

Exigência	Descrição
Estanquidade à Água	Esta exigência visa evitar a penetração de água através do envidraçado e elementos complementares
Controlo da Permeabilidade ao Ar	Esta exigência visa limitar as perdas de calor no período de inverno, a sensação de desconforto devida a correntes de ar, a penetração de pó e a transmissão de ruído produzido no exterior.
Resistência ao Vento	Esta exigência visa garantir uma deformação admissível da janela em caso de vento forte, conservando as suas propriedades e a segurança dos utilizadores
Isolamento Acústico	Esta exigência visa garantir o isolamento aos sons aéreos
Factor solar máximo	Esta exigência visa reduzir o sobreaquecimento interior através da limitação do factor solar dos envidraçados verticais não orientados a norte.

Quadro 37 – Perfis da Avaliação Exigencial [1]

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção					Avaliação Exigencial Actual Desejável				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Estanquidade à Água										
Controlo da Permeabilidade ao Ar										
Resistência ao Vento										
Isolamento Acústico										
Isolamento Térmico										
Factor solar máximo										

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 – Excelente

Antes da intervenção realizada, as três escolas da zona norte (Escola C, Escola D e Escola E) apresentavam para os caixilhos e vidros existentes uma avaliação exigencial para as exigências de estanquidade à água, controlo da permeabilidade ao ar, isolamento acústico e factor solar máximo de insuficiente (1). Para a resistência ao vento a avaliação exigencial era de suficiente (2).

EXIGÊNCIA: Estanquidade à Água de Janelas Exteriores

Para a classificação das janelas exteriores considera-se os seguintes critérios [7]:

- Zonamento do território - O país encontra-se dividido em duas zonas relativas à acção do vento:
 - RB – Região B – Açores, Madeira, localização a menos de 5 Km do litoral ou altitude superior a 600m.
 - RA – Região A – restante território.
- Rugosidade aerodinâmica - Classificação da situação do edifício:
 - Tipo I – Interior de zonas urbanas onde predominam edifícios de médio e grande porte
 - Tipo II – Periferia de zonas urbanas e zonas rurais
 - Tipo III – Locais situados em zonas planas ou nas proximidades de extensos planos de água nas zonas rurais.

As cinco escolas encontram-se na Região A (RA) e com uma rugosidade do Tipo I.

A verificação da estanquidade à água das janelas exteriores à água foi efectuada com base nos resultados do ensaio de estanquidade à água de acordo com a norma EN 1027:2000 e respectiva classificação (classes) de acordo com a norma EN 12208:1999. Estando previstas nove classes, numeradas de 2 a 9, sendo a classe 9 a dos caixilhos de estanquidade à água a pressão mais elevada. Está ainda prevista uma classe excepcional de estanquidade à água designada por Exxx, que se aplica a todas as janelas exteriores que revelem estanquidade à água para pressões superiores a 600 Pa, sendo o índice xxx o valor da pressão de ensaio para a qual a janela ainda é estanque.

As janelas exteriores devem permanecer estanques à água quando são sujeitas à acção simultânea do vento e da chuva em condições correntes. Admite-se no entanto que em situações excepcionais de temporal, possa haver perda de estanquidade, desde que o caudal de água infiltrada seja reduzido.

EXIGÊNCIA: Permeabilidade ao Ar de Janelas Exteriores

A verificação da permeabilidade ao ar das janelas exteriores foi efectuada com base nos resultados do ensaio de permeabilidade ao ar de acordo com a norma EN 1026:2000 e respectiva classificação (classes) de acordo com a norma EN 12207:1999. Estando previstas cinco classes, numeradas de 1 a 4, sendo a classe 4 a dos caixilhos de menor permeabilidade ao ar.

A permeabilidade ao ar das janelas é um parâmetro de grande importância para o conforto interior do edifício. A permeabilidade ao ar deve ser limitada de forma a reduzir as perdas de calor, limitando a potência da instalação de aquecimento e o consumo de energia e evitar as correntes de ar frio.

EXIGÊNCIA: Resistência ao Vento de Janelas Exteriores

A verificação da resistência ao vento de janelas exteriores foi efectuada com base nos resultados do ensaio de resistência ao vento de acordo com a norma EN 12211:2000 e respectiva classificação de acordo com a norma EN 12210:1999. Estando previstas seis classes regulares de pressão, numeradas de 1 a 5, sendo a classe 5 a de pressão mais elevada.

As janelas deverão garantir uma deformação admissível em caso de vento forte, conservando as suas propriedades e a segurança dos utilizadores. As solicitações do vento variam em função das regiões ou locais de implementação dos edifícios, da posição mais ou menos abrigada da fachada relativamente ao vento e em função da altura do edifício.

EXIGÊNCIA: Isolamento Acústico

O Decreto-Lei 129 de 2002 [8] regula os requisitos acústicos a satisfazer pelos edifícios, incluindo os edifícios escolares (art.º 7.º). O isolamento acústico permite garantir o conforto acústico adequado às actividades de uma escola.

A construção de edifícios para fins escolares, de investigação e de leitura deve cumprir com o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, $D_{2m,n,w}$ entre o exterior dos edifícios (emissão) e os compartimentos interiores identificados no quadro II do anexo ao Regulamento (*), como locais receptores (recepção), deverá satisfazer as condições seguintes: i) $D_{2m,n,w} \geq 33$ dB (em zonas mistas); ii) $D_{2m,n,w} \geq 28$ dB (em zonas sensíveis).

(*) Sala de aulas, sala de professores, administrativas, bibliotecas, gabinetes médicos e salas polivalentes

EXIGÊNCIA: Isolamento Térmico

A avaliação do isolamento térmico foi efectuada, utilizando como referência os valores apresentados no RCCTE, DL80/2006 de 2 de Abril de 2006 [7].

O RCCTE define três zonas climáticas de Inverno I1 I2 e I3. As três escolas da zona norte do país localizam-se na zona climática I2.

Quadro 38 – Valores do Coeficiente de Transmissão Térmica de Referência [7]

Elementos da Envolvente: Envidraçados	I2
	W/m ² °C
Valores de referência	3,30

Para a exigência de isolamento térmico da envolvente, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a comparação do coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo com o valor do coeficiente de transmissão térmica de referência preconizado no RCCTE:

$$X = U / U \text{ referência.}$$

EXIGÊNCIA: Factor Solar Máximo

O limitar o factor solar a valor máximo permite reduzir o sobreaquecimento interior através dos envidraçados verticais não orientados a Norte (entre noroeste e nordeste)

O país encontra-se dividido em três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3). As três escolas do Norte correspondem à zona climática V1, e as escolas da zona centro correspondem à zona climática v2.

O factor solar g (em W/m^2) de um envidraçado é o quociente entre a energia que penetra através de um envidraçado e a energia da radiação solar que nele incide. Para esta exigência foi utilizada como referência os valores de referência apresentados no RCCTE DL 80/2006 de 4 de Abril [7], que define valores para o factor solar máximo admissível para edifícios:

- i) Para vãos envidraçados da envolvente de qualquer edifício com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que serve, desde que não orientados a norte (entre noroeste e nordeste), pode apresentar um factor solar correspondente ao vão envidraçado com os respectivos dispositivos de protecção 100% activos que exceda os valores para uma classe de inércia térmica média ou forte: Zona V1 – 0.56; Zona V2 – 0.56; Zona V3 – 0.50.
- ii) Os requisitos de verificação automática previstos no RCCTE prevêm a limitação do factor solar a 0,15.

6.2.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS

Por falta de dados das restantes escolas a avaliação foi apenas efectuada para a Escola E.

Quadro 39 – Dados das Fichas Técnicas dos Caixilhos e Vidros Aplicados (Escola E)

Escola	Tipo Material		Dados Técnicos
Escola E	Caixilharia	Caixilharia Alumínio	A3 – Permeabilidade ao ar E4 – Estanquidade à água V3 – Resistência às solicitações do vento Comportamento mecânico aplicável às folhas móveis é satisfatório
	Solução 1. Unidade de vidro duplo (EN 1279 - 5)	6 Planitherm Total Temp (Ar 14) 33.1	- Isolamento ao ruído aéreo directo: 34 dB - Coeficiente U: 1,6 $W/(m^2.K)$ - Coeficiente g: 0,56

	Solução 2. Unidade de vidro duplo (EN 1279 - 5)	33.1 (Ar 12) 44.1 Planitherm Ultra N	- Isolamento ao ruído aéreo directo: 38 dB - Coeficiente U: 1,6 W/(m ² .K) - Coeficiente g: 0,57
--	---	--------------------------------------	---

Considerando os dados técnicos da obra, a avaliação exigencial dos vãos exteriores é a seguinte:

Quadro 40 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção	Avaliação Exigencial Actual Desejável	Avaliação Exigencial Actual
Estanquidade à Água	1 – Insuficiente	3 - Bom	4 – Muito Bom
Controlo da Permeabilidade ao Ar	1 – Insuficiente	3 - Bom	3 - Bom
Resistência ao Vento	2 – Suficiente	3 - Bom	3 - Bom
Isolamento Acústico	1 – Insuficiente	4 – Muito Bom	4 – Muito Bom
Isolamento Térmico	1 – Insuficiente	4 – Muito Bom	5 - Excelente
Factor solar máximo	1 – Insuficiente	4 – Muito Bom	1 – Insuficiente (solução 2.) 2 – Suficiente (solução 1.)

A qualidade da caixilharia dos edifícios tem um impacto muito importante no conforto dos utentes assim como na redução dos consumos de energia. O resultado da análise efectuada ao caixilho aplicado na Escola E é que as suas características cumprem com as classes que lhes são aplicáveis, mantendo-se no perfil desejável.

O resultado da análise efectuada ao tipo de vidro aplicado na Escola E, é que garante as características do perfil desejável aplicáveis às exigências de isolamento acústico ($D_{2m,n,w} \geq 33$ Db) e isolamento térmico, mas não cumpre com os valores para a exigência do factor solar, mantendo-se muito abaixo da avaliação exigencial desejável (que era 4 – Muito Bom). Para melhorar o desempenho a nível do factor solar a solução é utilizar protecção dos envidraçados. Esta solução de protecção de envidraçados poderá vir a ser aplicada nas escolas.

6.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURAS

6.3.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS

Quadro 41 – Exigências Aplicáveis aos Revestimentos de Coberturas

Exigência	Descrição
Isolamento Térmico	Capacidade de regulação da temperatura

Quadro 42 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção					Avaliação Exigencial Actual Desejável				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Isolamento Térmico										

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

Antes da intervenção realizada, as três escolas da zona norte (Escola C, Escola D e Escola E) apresentavam de uma forma geral para os revestimentos de cobertura existentes uma avaliação exigencial para a exigência de isolamento térmico de insuficiente (1).

EXIGÊNCIA: Isolamento Térmico

A avaliação do isolamento térmico foi efectuada, utilizando como referência os valores apresentados no RCCTE, DL80/2006 de 2 de Abril de 2006 [7].

O RCCTE define três zonas climáticas de Inverno I1 I2 e I3. As três escolas da zona norte do país localizam-se na zona climática I2 e as duas escolas da zona centro do país localizam-se na zona climática I1.

Quadro 43 – Valores do Coeficiente Global de Transmissão Térmica de Referência e Máximo Admissível de Elementos Opacos [7]

Elementos Exteriores em Zona Opaca Horizontal Corrente	I2	I1
	W/m ² °C	W/m ² °C
Valores de referência	0,45	0,50
Valores máximos	1,0	1,25

Para a exigência de isolamento térmico da envolvente, e tendo por base [1], considerou-se para a avaliação exigencial a comparação do coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo com o valor do coeficiente de transmissão térmica de referência preconizado no RCCTE:

$$X = U / U \text{ referência}$$

6.3.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS

Quadro 44 - Dados das Fichas Técnicas dos Revestimentos de Cobertura Aplicados

Escola	Tipo sistema / Material		Dados Técnicos
Escola B	Cobertura plana invertida		- Isolamento Térmico: Poliestireno Extrudido com 5 cm de espessura - Lajetas de betão ($U = 0,60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12]
Escola C	Cobertura plana invertida		- Isolamento Térmico: Poliestireno Expandido com 10 cm de espessura ($U = 0,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12]
Escola D e E	Cobertura plana invertida		- Isolamento Térmico: Poliestireno Extrudido com 8 cm de espessura ($U = 0,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12]
Escola C	Sistema de Painéis	Painéis Sandwich	- Isolamento Térmico: Lã de Rocha com 10 cm de espessura ($U = 0,35 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12]
Escola D	Sistema de Painéis	Painéis Sandwich	- Isolamento Térmico: Lã de Rocha com 8 cm de espessura ($U = 0,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12]
Escola C	Sistema painéis	Policarbonato alveolar	$U = 1,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
Escola A e Escola B	Revestimento de cobertura com chapa de aço galvanizado com isolamento		- Isolamento Térmico: Lã de Rocha com 8 cm de espessura ($U = 0,47 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) [12]

Considerando os dados técnicos das obras, a avaliação exigencial dos revestimentos de cobertura é a seguinte:

Quadro 45 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção	Avaliação Exigencial Actual Desejável	Avaliação Exigencial Actual
Isolamento Térmico	1 - Insuficiente	4 – Muito Bom	Plana invertida (esp 8 cm): Escola D e E $X=1$ 2 - Suficiente
			Plana invertida: (esp 10 cm): Escola C $X=0,87$ 3 – Bom

			Plana invertida (esp 5 cm e lajetas de betão): Escola B $X > 1$ 1 - Insuficiente
			Painéis Sandwich (10 cm): Escola C $X=0,78$ 3 - Bom
			Painéis Sandwich (8 cm): Escola D $X=1,0$ 2 - Suficiente
			Painéis Alveolar: Escola C $X > 1$ 1 - Insuficiente
			Chapa de Aço Galvanizado (esp 8 cm): Escola A e B $X=1$ 2 - Suficiente

Nas coberturas planas o sistema construtivo utilizado foi o de cobertura invertida. Este tipo de solução consegue apenas alcançar (com 10 cm de espessura) o nível exigencial de bom (3), ficando abaixo do nível desejável (4). A impermeabilização foi efectuada utilizando o sistema de tela betuminosa, com o isolamento a ter a função combinada de isolamento térmico e protecção do sistema de impermeabilização. Assim, as variações da temperatura da impermeabilização no sistema invertido são substancialmente inferiores às que se verificam na cobertura tradicional. O sistema de impermeabilização desempenha também o papel de barreira pára-vapor, uma vez que está situado sob o isolamento térmico, evitando-se assim a execução de uma barreira pára-vapor como acontece na cobertura tradicional.

Nas coberturas inclinadas os sistemas utilizados nas várias escolas foi o da aplicação de painéis (sandwich e policarbonato).

Nas coberturas inclinadas o tipo de painel que foi muito utilizado foi o de painéis sandwich com lã de rocha, nomeadamente nos edifícios e pavilhões gimnodesportivos. Este tipo de painel com a lã de rocha no seu interior apresenta um bom isolamento ao nível térmico (para espessuras de 10 cm). Reduz o fluxo (ou troca) de calor entre a superfície interna e externa isolada, conservando a energia devido à baixa condutividade térmica da lã de rocha.

Em algumas zonas das coberturas inclinadas a solução adoptada foi a de utilização conjunta de painéis sandwich com painéis de policarbonato (zona de lanternins), este tipo de solução apresenta um valor elevado de coeficiente de transmissão térmica, mas apresenta como vantagens o permitir a entrada de um elevado grau de luminosidade para o interior dos edifícios.

Nas escolas do centro do país foi ainda utilizado coberturas com chapa de aço galvanizado com lã de rocha cujo nível de desempenho é de apenas suficiente (2), ficando muito longe do nível exigencial desejável.

Para melhorar o desempenho destas coberturas para o nível exigencial desejável, seria necessário ou aumentar a espessura do isolamento térmico aplicado ou mesmo alterar o sistema aplicado.

6.4. PAREDES DIVISÓRIAS

6.4.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS

Quadro 46 – Exigência Aplicáveis às Paredes Divisórias

Exigência	Descrição
Isolamento Acústico	Capacidade de isolamento aos sons aéreos
Comportamento ao Fogo	Capacidade de reacção ao fogo

Quadro 47 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção					Avaliação Exigencial Actual Desejável				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Isolamento Acústico										
Comportamento ao Fogo					-					-

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

Antes da intervenção realizada, as cinco escolas apresentavam de uma forma geral para as paredes divisórias existentes uma avaliação exigencial para a exigência de isolamento acústico de insuficiente (1) e para a exigência de comportamento ao fogo de bom (3).

EXIGÊNCIA: Isolamento Acústico

O isolamento acústico num edifício escolar é importante, de forma a permitir o conforto acústico adequado às actividades desta.

O Decreto-Lei 129 de 2002 regula os requisitos acústicos a satisfazer pelos edifícios, incluindo os edifícios escolares (art.º 7.º), e especifica o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, a satisfazer entre locais interiores do edifício (compartimentos emissor e receptor) [8].

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo

A segurança contra incêndio nos edifícios escolares é uma característica fundamental. Os materiais constituintes das paredes deverão ter um bom comportamento ao fogo.

As classes de reacção ao fogo estão especificadas segundo a especificação LNEC E 365-90 e segundo o DL 220/2008 que adopta o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e 2000/376/CE e 2003/629/CE, respectivamente ao sistema de classificação da resistência ao fogo [10].

6.4.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS

Quadro 48 – Dados das Fichas Técnicas dos Materiais das Paredes Divisórias

Escola	Tipo Material		Dados Técnicos
Escola A e Escola B	Tijolo Cerâmico	15x20x30 11x20x30	- Reacção ao fogo: Euroclasse A1 - Sem dados para o isolamento sonoro Característica de uma Parede com reboco e juntas totalmente preenchidas [13]: Ia ≈ 40 (11x20x30); Ia ≈ 43 (15x20x30);
Escola C	Bloco térmico de Argila Expandida (Marca 2)	20x20x50	- Reacção ao fogo: Euroclasse A1 - Sem dados para o isolamento sonoro (*)
	Bloco térmico de Argila Expandida (Marca 3)	20x20x50	- Reacção ao fogo: Euroclasse A1 - Sem dados para o isolamento sonoro (*)
	Bloco térmico (Marca 4)	20x20x50	- Reacção ao fogo: Euroclasse A1 (M0 material incombustível) - Sem dados para o isolamento sonoro (*)
	Bloco Acústico (Marca 2)	25x20x40	- Isolamento acústico a sons aéreos de uma parede: 53 dB (Rw = 53 dB) - Reacção ao fogo: Euroclasse A1
	Bloco Acústico (Marca 3)	25x20x40	- Isolamento acústico a sons aéreos de uma parede: 53 dB - Reacção ao fogo: Euroclasse A1 (M0)
Escola C Escola D Escola E	Bloco térmico (Marca 1)	20x20x50 25x20x50	Característica Parede: - Isolamento acústico a sons aéreos de uma parede: 40 - 42 dB - Reacção ao fogo: Euroclasse A1
(*) Segundo [14], a Resistência Sonora de uma Parede com bloco térmico: ≈ 46 dB			

Considerando os dados técnicos das obras, a avaliação exigencial das paredes divisórias é a seguinte:

Quadro 49 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção	Avaliação Exigencial Actual Desejável	Avaliação Exigencial Actual
Isolamento Acústico	1 – Insuficiente	3 - Bom	Bloco Acústico: 3 – Bom
			Bloco Térmico (Marca 1): 1 – Insuficiente
			Tijolo Cerâmico e Bloco Térmico: Sem Classificação
Comportamento ao Fogo	3 – Bom	3 - Bom	4 – Muito Bom

Os Blocos acústicos garantem elevado desempenho acústico, verificando os valores exigidos pelo Regulamento do Ruído com uma parede simples sem necessidade de mais elementos de isolamento.

O bloco térmico apenas verifica os valores exigidos pelo Regulamento do Ruído no caso de parede entre salas (sala de aulas, de professores e administrativas, biblioteca, gabinete médico e salas polivalentes) e corredores de circulação mas com obrigatoriedade de existir porta.

Apenas uma das escolas (das cinco em estudo) utilizou blocos acústicos, cumprindo assim o nível exigencial desejável para a exigência de isolamento acústico.

Uma vantagem dos blocos relativamente à utilização de tijolos cerâmicos é a nível de custo com o consumo de materiais, com redução significativa da quantidade de argamassa de assentamento necessária (e dos desperdícios que normalmente se verificam) e mão-de-obra com a velocidade/facilidade de construção, garantida pela estabilidade dos elementos, pelos encaixes que facilitam o alinhamento.

Os blocos e os tijolos cerâmicos, em termos de reacção ao fogo, são materiais não combustíveis (classe europeia A1, classe nacional M0).

6.5. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS

6.5.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS

Quadro 50 – Exigências Aplicáveis aos Revestimentos de Pavimentos

Exigência	Descrição
Comportamento ao Fogo	Capacidade de reacção ao fogo

Quadro 51 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção					Avaliação Exigencial Actual Desejável				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Comportamento ao Fogo					-					-

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

Antes da intervenção realizada, as cinco escolas apresentavam de uma forma geral para os revestimentos de pavimentos existentes uma avaliação exigencial para a exigência de comportamento ao fogo de bom (3).

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo

A segurança contra incêndio nos edifícios escolares é uma característica fundamental. Os materiais constituintes dos pavimentos deverão ter um bom comportamento ao fogo.

As classes de reacção ao fogo estão especificadas segundo a especificação LNEC E 365-90 e segundo o DL 83/2007 que adopta o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e 2000/376/CE e 2003/629/CE, respectivamente ao sistema de classificação da resistência ao fogo [10].

6.5.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS

Quadro 52 – Dados das Fichas Técnicas dos Revestimentos de Pavimento Aplicados

Escola	Tipo Material		Dados Técnicos
Escola D	Pavimento sintético	Borracha Pitonada 3 mm	- Não combustível (DIN 51961)
Escola E	Pavimento com Resina Epoxy	Autonivelante em Epoxy	- Comportamento ao fogo EN13501 – 1:2002: A2FLS1
	Pavimento sintético	Borracha Pitonada 3 mm	- Não combustível (DIN 51961)
	Pavimento sintético	Manta vinílica	- Comportamento ao fogo EN13501 – 1:2002: CFL

Considerando os dados técnicos das obras, a avaliação exigencial dos revestimentos de pavimentos é a seguinte:

Quadro 53 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção	Avaliação Exigencial Actual Desejável	Avaliação Exigencial Actual
Comportamento ao Fogo	3 - Bom	3 - Bom	Resinas Epoxy: 4 – Muito Bom
			Sintéticos: Borracha 4 – Muito Bom
			Sintéticos: Manta Vinilica 2 - Suficiente

Por falta de dados técnicos não foi possível efectuar uma avaliação exigencial para outras exigências dos revestimentos de pavimentos aplicados nas várias escolas (apenas para a exigência de comportamento ao fogo).

No que se refere ao desempenho em serviço dos autonivelantes, nas escolas em que foi aplicado este tipo de material e que já se encontram em utilização, estes apresentam alguns problemas a nível de aparência visual, o pavimento apresenta-se em algumas zonas muito riscado. A definição da cor neste tipo de pavimento é uma característica muito importante na escolha do material (preferência não utilizar cores escuras)

A principal característica dos pavimentos autonivelantes é exactamente a capacidade de fazerem o seu próprio nivelamento, com uma intervenção mínima por parte do aplicador. O que torna a sua aplicação particularmente fácil, aliada a um período de secagem curto. São materiais de fácil manutenção e limpeza.

No que se refere aos sintéticos e ao seu desempenho em serviço, o principal critério a ter em conta é a sua enorme sensibilidade à humidade, pelo que exige um controlo muito apertado do nível de teor de humidade do suporte, sendo o teor de humidade admissível muito baixo.

6.6. REVESTIMENTOS DE TECTOS

6.6.1. EXIGÊNCIAS ANALISADAS

Quadro 54 – Exigências Aplicáveis aos Revestimentos de Tectos

Exigência	Descrição
Isolamento Acústico	Capacidade de isolamento aos sons aéreos
Comportamento ao Fogo	Capacidade de reacção ao fogo

Quadro 55 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção					Avaliação Exigencial Actual Desejável				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Isolamento Acústico										
Comportamento ao Fogo					-					-

Legenda: 1 – Insuficiente; 2 – Suficiente; 3 – Bom; 4 – Muito Bom; 5 - Excelente

Antes da intervenção realizada, as cinco escolas apresentavam de uma forma geral para os revestimentos de tecto existentes uma avaliação exigencial para a exigência de isolamento acústico de insuficiente (1) e para a exigência de comportamento ao fogo de bom (3).

EXIGÊNCIA: Isolamento Acústico

A avaliação dos requisitos acústicos foi efectuada com base no Coeficiente de Absorção Sonora média para intervalos de valores de frequências de 125-4000 Hz.

EXIGÊNCIA: Comportamento ao Fogo

A segurança contra incêndio nos edifícios escolares é uma característica fundamental. Os materiais constituintes dos revestimentos de tecto deverão ter um bom comportamento ao fogo.

As classes de reacção ao fogo estão especificadas segundo a especificação LNEC E 365-90 e segundo o DL 83/2007 que adopta o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e 2000/376/CE e 2003/629/CE, respectivamente ao sistema de classificação da resistência ao fogo [10].

Segundo a Portaria n.º 1532/2008 [11], os materiais constituintes dos tectos falsos, com ou sem função de isolamento térmico ou acústico, devem garantir o desempenho de reacção ao fogo não inferior ao da classe C-s2 d0 (M2).

6.6.2. DESEMPENHO FACE ÀS EXIGÊNCIAS

Quadro 56 – Dados das Fichas Técnicas dos Revestimentos de Tectos Aplicados

Escola	Dados Técnicos	
Escola A e Escola B	Placas de “Celenit”	- Comportamento ao fogo EN13501 – 1:2002: BS1d0 - Placas com 35 mm: Coeficiente de Absorção Sonora Média (para intervalo de valores de 125-4000 Hz) $\alpha_m = 0,65$
Escola A e Escola B	Placas de Gesso Cartonado Perfurado	- Comportamento ao fogo EN13501 – 1:2002: A2S1d0 - Placas com 12,5 mm com lã de rocha: Coeficiente de Absorção Sonora Média (para intervalo de valores de 125-4000 Hz) $\alpha_m = 0,82$
Escola C, Escola D e Escola E	Placas de Gesso Cartonado Perfurado	- Comportamento ao fogo EN13501 – 1:2002: A2S1d0 - Placas com 12,5 mm com lã de rocha: Coeficiente de Absorção Sonora Média (para intervalo de valores de 125-4000 Hz) $\alpha_m = 0,70$

Considerando os dados técnicos das obras, a avaliação exigencial dos revestimentos de tectos é a seguinte:

Quadro 57 – Perfis da Avaliação Exigencial

Exigência	Avaliação Exigencial antes da Intervenção	Avaliação Exigencial Actual Desejável	Avaliação Exigencial Actual
Isolamento Acústico	1 – Insuficiente	4 – Muito Bom	Placas “Celenit”: 4 – Muito Bom
			Placas Gesso Cartonado: Escola A e B 5 – Excelente
			Placas Gesso Cartonado: Escola C, D e E 4 – Muito Bom
Comportamento ao Fogo	3 - Bom	3 - Bom	Placas “Celenit”: 3 - Bom
			Placas Gesso Cartonado: 4 – Muito Bom

A existência de materiais capazes de absorver os sons nas zonas interiores de uma escola, tais como sala de aulas, envolvente de átrios e corredores de grande circulação, é fundamental. Para além de permitir uma melhor qualidade sonora no interior desses espaços, permite minimizar o ruído produzido e/ou transmitido.

No isolamento aos sons aéreos foram utilizados nas escolas da zona centro, painéis de Celenit que podem ser classificados como absorvedores acústicos naturais. Estes painéis dispersam os sons através da sua estrutura alveolar, reduzindo progressivamente a sua energia e transformando-a em calor. Oferecendo assim, um muito bom nível de absorção, particularmente nas frequências mais elevadas (as mais comuns). O nível de absorção aumenta com a espessura do painel utilizado.

Existem outras vantagens destes painéis para além do seu efeito fono-absorvente, a inércia térmica, a transpiração e a capacidade de absorver a humidade em excesso, são características que aumentam o nível da qualidade ambiental.

Este tipo de painel não é deformável (mesmo na presença de humidade elevada), é robusto e tem uma duração ilimitada, tornando-o apto para uso em ambientes de condições mais adversas, contrariamente a outro tipo de soluções construtivas que se apresentam maior susceptibilidade à presença da humidade. São painéis resistentes ao choque e a impactos dinâmicos.

Outra solução construtiva muito utilizada nas cinco escolas foi a das placas de gesso cartonado perfurado com lã de rocha no interior. No que diz respeito ao conforto acústico este material apresenta um muito bom desempenho, e no caso das escolas A e B o desempenho é excelente.

O conforto térmico é normalmente obtido através da aplicação de uma camada de isolamento como lã mineral. As propriedades hidrófugas ajudam a actuar como regulador do clima, mantendo o grau de humidade em equilíbrio.

7

CONCLUSÕES FINAIS

As principais conclusões deste trabalho são as seguintes:

- ✓ Este trabalho pretendeu identificar os principais aspectos construtivos da reabilitação efectuada em vários edifícios escolares, reflectindo sobre as soluções construtivas tomadas e o seu desempenho.
- ✓ O progressivo aumento da degradação do nosso parque escolar justificou a criação e implementação de um programa de reabilitação de edifícios escolares em Portugal que teve início em Março de 2007, e do qual fazem parte as escolas analisadas neste trabalho.
- ✓ A reabilitação dos edifícios escolares pressupôs não só a resolução das anomalias construtivas e patologias existentes, mas também uma melhoria do desempenho geral, de forma a responder às necessidades actuais deste tipo de edifícios.
- ✓ A intervenção nas escolas analisadas caracterizou-se pela remodelação das instalações existentes, ao nível da reordenação interior tendo como principal objectivo a união dos vários blocos de forma a pertencerem a um só edifício. Esta intervenção fez com que fossem alterados revestimentos interiores e exteriores. Fez parte destas remodelações a substituição integral das infra-estruturas eléctricas, telecomunicações, águas e esgotos.
- ✓ Foi utilizada uma metodologia exigencial definida em [1] que pressupunha o conhecimento das exigências a satisfazer, permitindo efectuar uma avaliação exigencial do respectivo desempenho dos elementos e sistemas construtivos da envolvente exterior dos edifícios escolares. Esta metodologia propôs para as várias exigências diferentes níveis de qualidade que através de um perfil exigencial do edifício antes da intervenção e um perfil exigencial de desempenho desejável após a intervenção permitiu efectuar a avaliação exigencial do desempenho dos vários elementos e sistemas da envolvente externa.
- ✓ Apresenta-se neste trabalho uma proposta de metodologia exigencial para elementos da envolvente interna dos edifícios escolares que propõe algumas exigências a satisfazer, e que possibilitou a avaliação de desempenho dos vários elementos construtivos aplicados nas cinco escolas analisadas, através da atribuição de níveis de qualidade e através da definição de perfis iniciais e desejáveis para os diversos elementos.
- ✓ Este trabalho debruçou-se essencialmente sobre a componente físico-construtiva, identificando os elementos construtivos com mais peso (valor) da remodelação dos edifícios escolares, fazendo uma análise às propostas de cinco escolas.

- ✓ O valor médio do total das propostas das cinco escolas é de 10.692.630,00 euros. Os valores mais altos correspondem às três escolas do norte do país. As duas escolas do centro do país apresentam valores abaixo do valor médio.
- ✓ Os capítulos correspondentes à arquitectura, estabilidade, instalações de AVAC e instalações eléctricas são os capítulos que apresentam os maiores valores da proposta total. O capítulo arquitectura apresenta o maior valor de todos os capítulos que constituem a proposta total.
- ✓ Dentro do capítulo arquitectura, os subcapítulos serralharia e caixilharias, revestimentos de coberturas, revestimentos de pavimentos e revestimentos de tectos são os que apresentam maiores valores.
- ✓ Para cada um dos principais elementos construtivos intervencionados foi efectuada uma análise detalhada às várias opções de soluções construtivas aplicadas.
- ✓ A solução construtiva mais utilizada na intervenção a nível de revestimento de fachada foi o sistema ETICS, existindo vários cuidados na sua aplicação nomeadamente a utilização de buchas plásticas para fixação do isolamento térmico e um reforço anti-vandalismo até 2m de altura acima do solo.
- ✓ A solução construtiva/material mais utilizado na intervenção a nível de execução de paredes divisórias foi a aplicação de bloco (térmicos, acústicos).
- ✓ A solução construtiva/material mais utilizado na intervenção a nível de revestimento de pavimento foi a utilização de materiais de base sintética.
- ✓ As duas soluções construtivas/materiais mais utilizadas, uma na intervenção das duas escolas do centro do país e outra na intervenção das três escolas do norte do país a nível de revestimento de tecto, foram a aplicação de placas de compósito de fibras de madeira e as placas de gesso cartonado respectivamente.
- ✓ Com base na metodologia exigencial (existente e proposta) baseada em níveis de desempenho, a avaliação que se faz às várias soluções aplicadas é que estas se encontram num nível exigencial acima do inicial, no entanto alguma das soluções não conseguem atingir o nível exigencial definido para o perfil desejável.
- ✓ A exigência para a qual as soluções construtivas não conseguiram atingir o perfil desejável após a intervenção foi a exigência de isolamento térmico, no que se refere a revestimentos de fachada e revestimentos de coberturas.
- ✓ O perfil desejável para a exigência de isolamento acústico nas paredes divisórias apenas foi conseguido com a utilização de blocos acústicos.
- ✓ O perfil desejável para a exigência do comportamento ao fogo é conseguido para as várias soluções construtivas estudadas.
- ✓ A avaliação exigencial adoptada é um dos caminhos possíveis, tendo servido de suporte à discussão sobre as várias soluções construtivas aplicadas dos edifícios escolares.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Veloso Gomes, Maria Manuela, *A Reabilitação dos Equipamentos Escolares Públicos como Componente de Regeneração Urbana*, Porto, 2007.
- [2] Appleton, João, *Estudos de Diagnóstico em Edifícios, da Experiência à Ciência em Intervenções no Património – Práticas de Construção e Reabilitação*. Edição SCFCP-DEC-FEUP, Porto, 2006.
- [3] *Seleção de Caixilhos e seu Dimensionamento Mecânico*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2005
- [4] *Liderar a Mudança, Implementar a Melhoria, Procurar a Excelência: CAF como Instrumento Metodológico*, Parque Escolar, Oeiras, 29 de Abril de 2008
- [5] *Documento Interno Obra*
- [6] Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações: Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.
- [7] Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações: Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmicos dos Edifícios (RCCTE).
- [8] Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território: Aprova o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.
- [9] Decreto-Lei n.º 41/2007 – Cria a Parque Escolar, E.P.E., e aprova os respectivos estatutos.
- [10] Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro, Ministério da Administração Interna: Aprova o Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE).
- [11] Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro, Ministério da Administração Interna: Aprova o Regulamento Técnico Contra Incêndio em Edifícios (SCIE).
- [12] Santos, Carlos A. Pina dos, Matias, Luís, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios (ITE 50)*. Edição LNEC, Lisboa, 2007
- [13] Dias, António Baio, *Construção em Tijolo Cerâmico: Das Exigências Normativas do Produto à Prática de Aplicação*, Seminário Sobre Paredes de Alvenaria, P. B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, 2002, 41-46
- [14] *Documento Técnico Leca - Alvenarias*

ENDEREÇOS ELECTRÓNICOS

- [15] Parque Escolar - www.parque-escolar.pt
- [16] OECD Centre For Effective Learning Environments - www.oecd.org
- [17] Design Share Designing For The Future Of Learning - www.designshare.com
- [18] National Clearinghouse For Education Facilities - www.edfacilities.org
- [19] Building Schools for the Future - www.teachernet.gov.uk
- [20] CEPFI where great schools begin - www.cepfi.org

Anexos

ANEXO A

Análise Global da Proposta - Escola A

Valor Global da Proposta

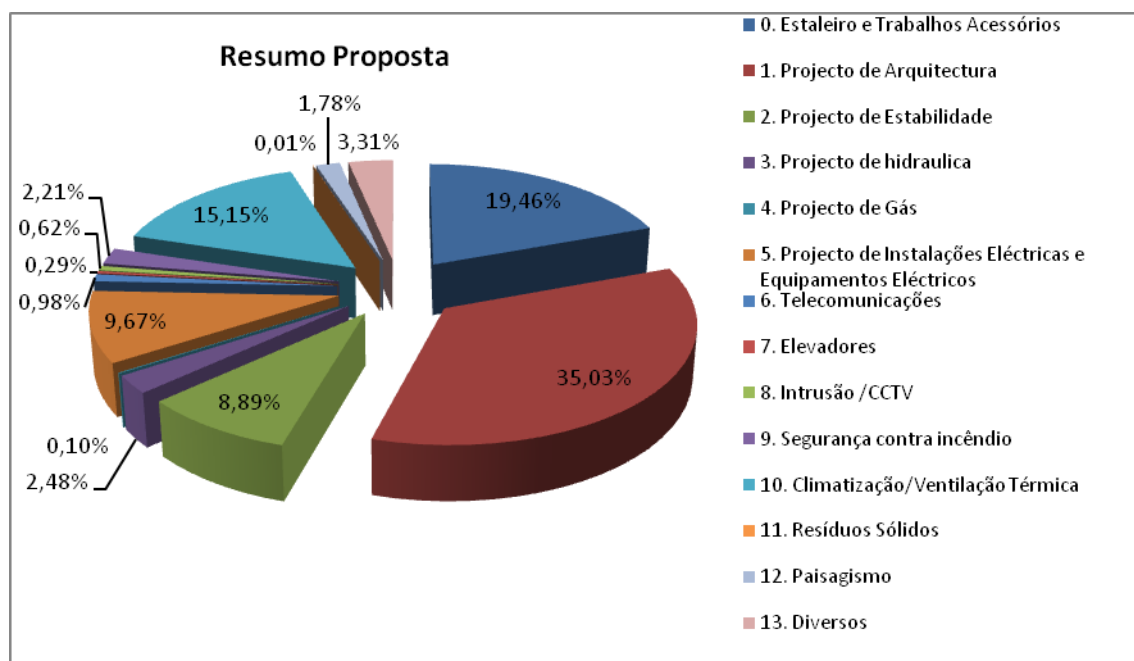


Fig.1 – Resumo Proposta

Os capítulos:

- Projecto de arquitectura (45,61%);
- Projecto de demolições, escavações, contenções, fundações e estruturas (12,17%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado AVAC, e verificação do RSECE (18,96%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas eléctricos (10,40%);

O total destes capítulos equivale a 87,14% do valor total da proposta.

Capítulo Arquitectura

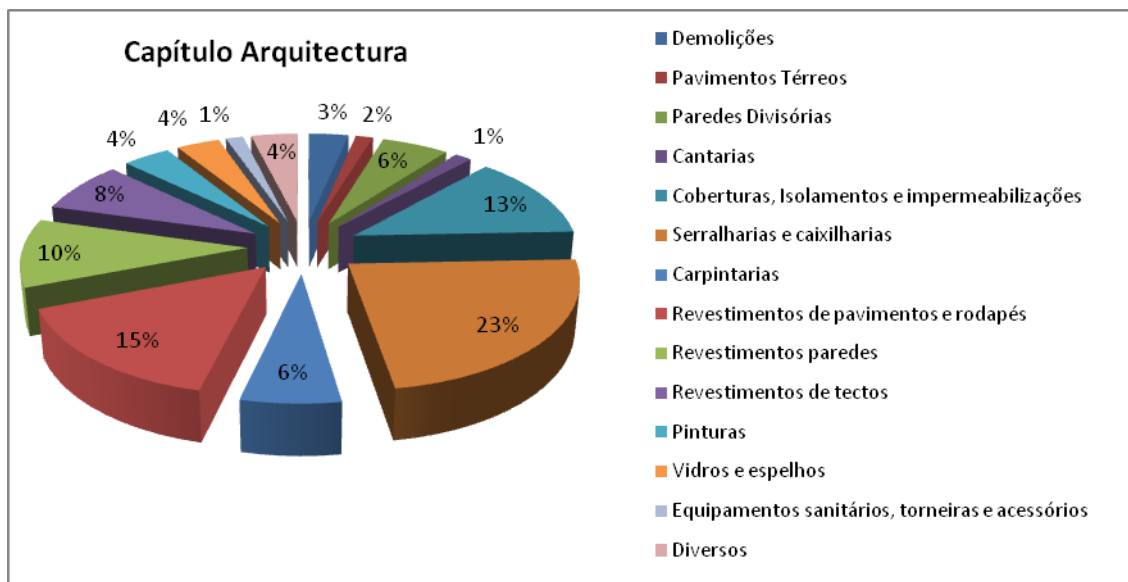


Fig.1 – Capítulo Arquitectura

Os subcapítulos:

- Revestimentos de coberturas, impermeabilizações e isolamentos (12,59%);
- Revestimentos de pavimentos (15,41%);
- Revestimentos de paredes (10,29%);
- Revestimentos de tectos (7,71%);
- Serralharias e caixilharias (23,18%);

O total destes subcapítulos equivale a cerca de 70% do valor total do Capítulo (69,18%).

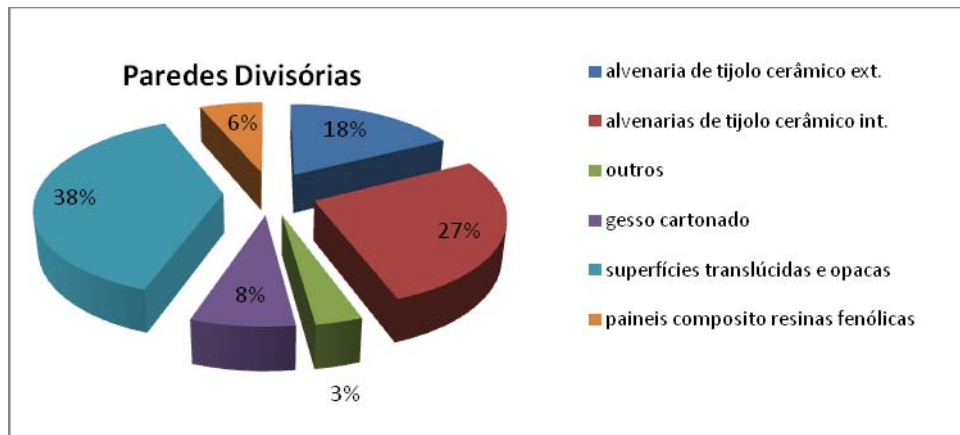


Fig.1 – Paredes Divisórias

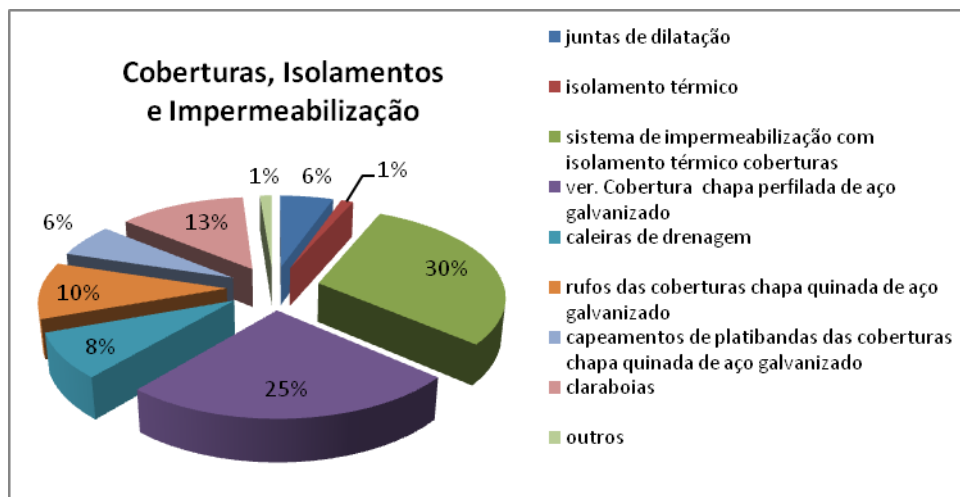


Fig.1 – Coberturas, Isolamentos e Impermeabilização

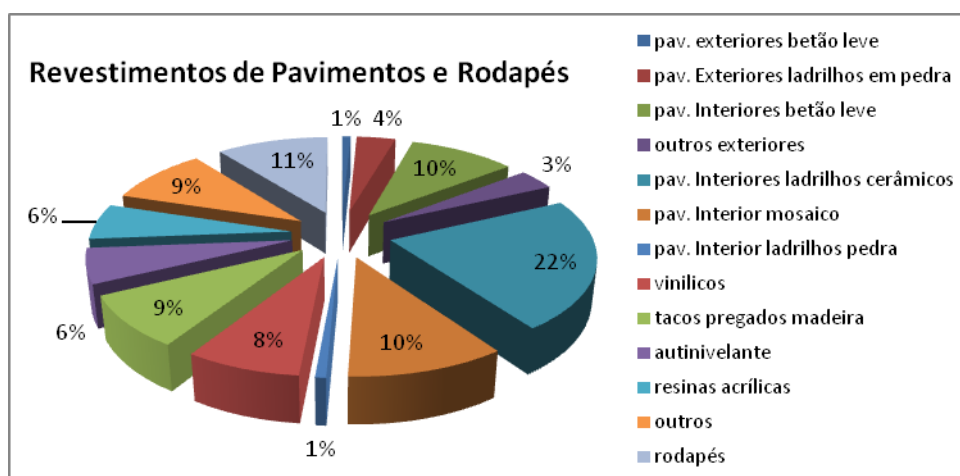


Fig.1 – Revestimentos de Pavimentos e Rodapés

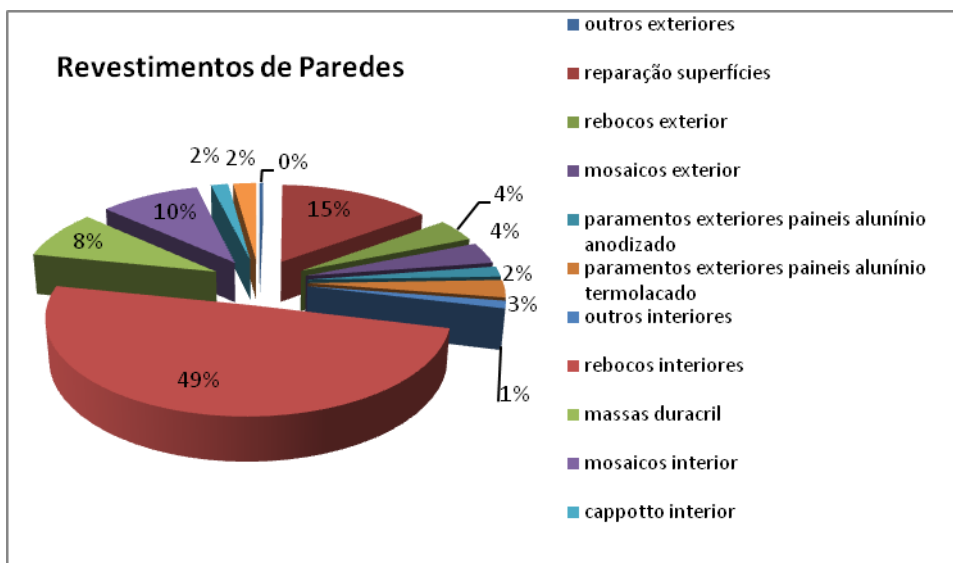


Fig.1 – Revestimentos de Paredes

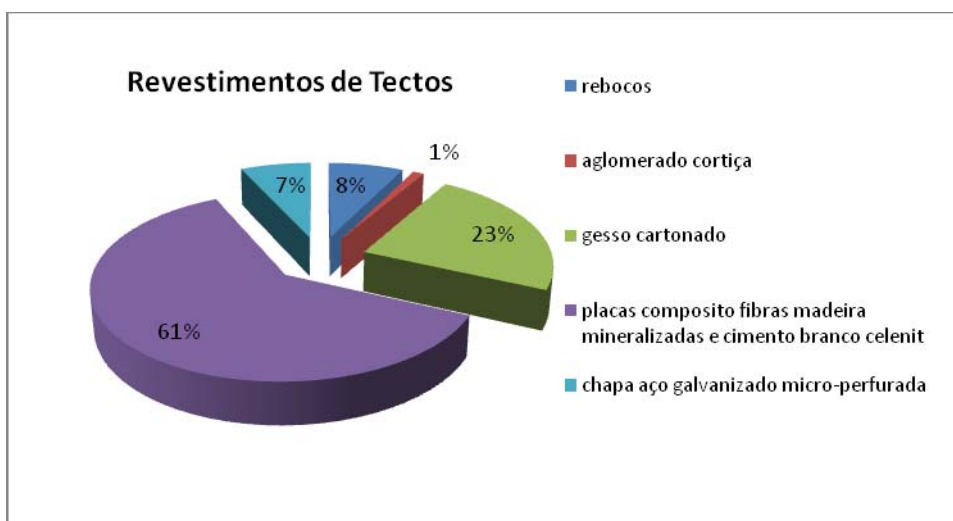


Fig.1 – Revestimentos de Tectos

ANEXO B

Análise Global da Proposta - Escola B

Valor Global da Proposta

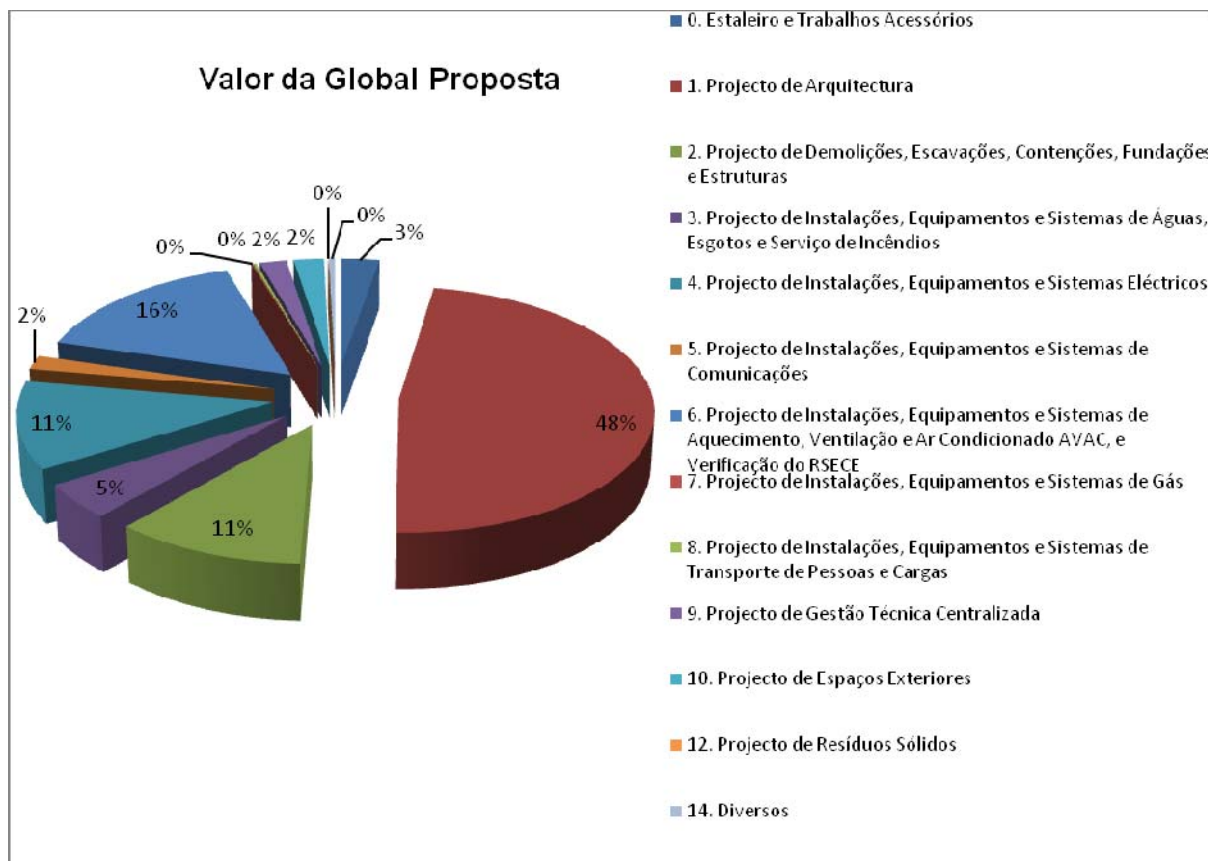


Fig.1 – Valor Global da Proposta

Os capítulos:

- Projecto de arquitectura (47,80%);
- Projecto de demolições, escavações, contenções, fundações e estruturas (10,98%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado AVAC, e verificação do RSECE (15,73%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas eléctricos (11,56%);

O total destes capítulos equivale a 86,07% do valor total da Proposta, sendo que só o projecto de arquitectura equivale a quase 50% do valor total.

Capítulo Arquitectura

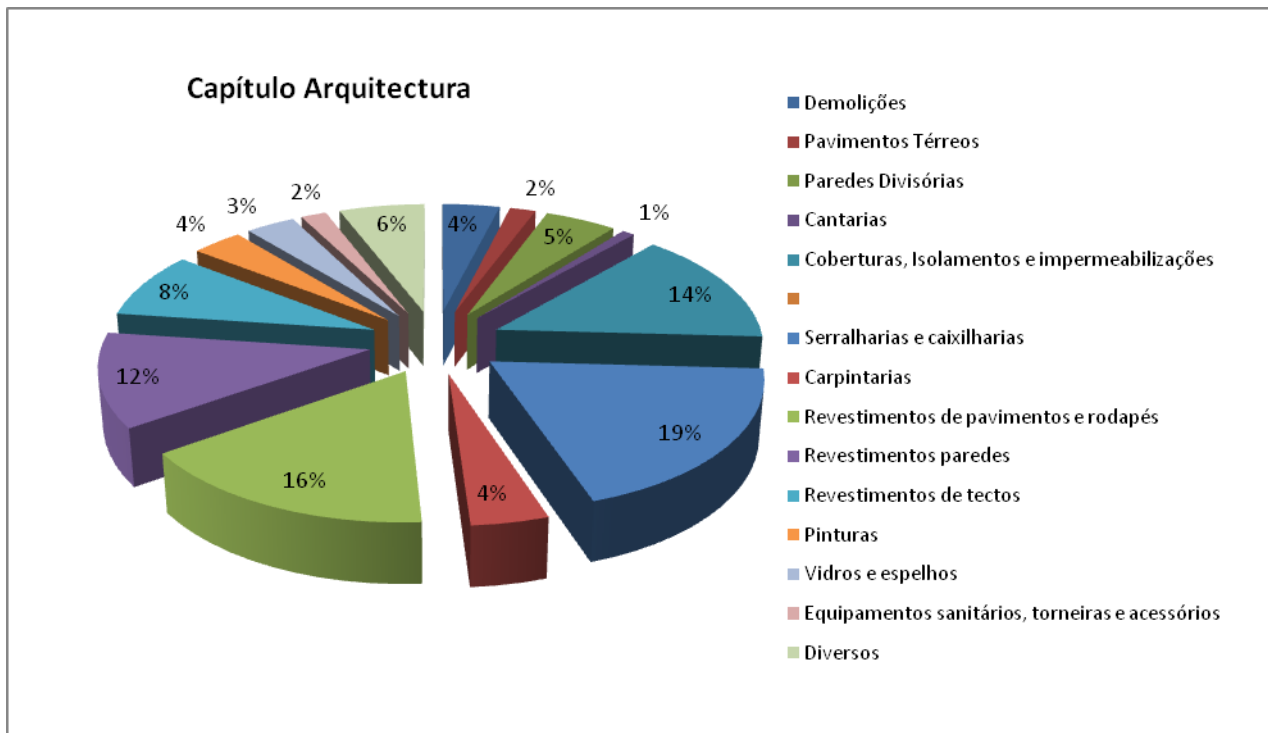


Fig.1 – Capítulo Arquitectura

Os subcapítulos:

- Revestimentos de coberturas, impermeabilizações e isolamentos (14,00%);
- Revestimentos de pavimentos (16,00%);
- Revestimentos de paredes (12,00%);
- Revestimentos de tectos (8,00%);
- Serralharias e caixilharias (19,00%);

O total destes subcapítulos equivale a cerca de 70% do valor total do Capítulo (69,00%).

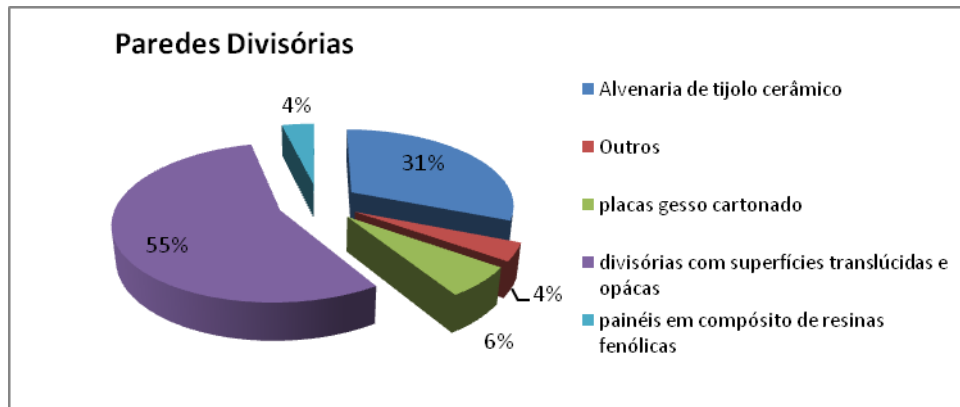


Fig.1 – Paredes Divisórias

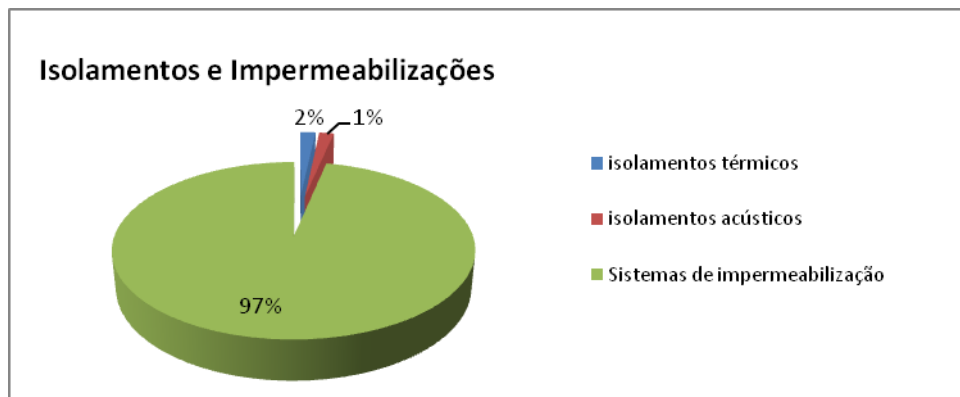


Fig.1 – Isolamentos e Impermeabilizações

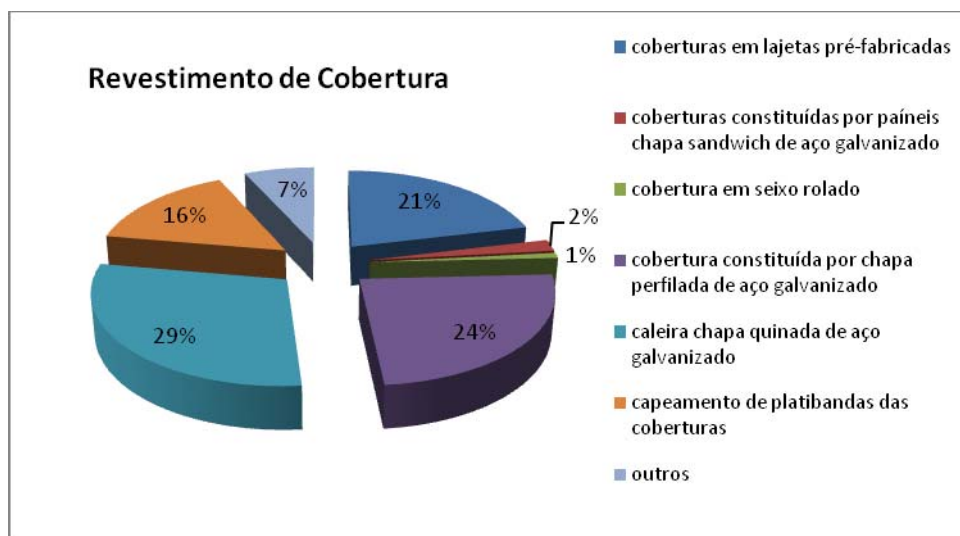


Fig.1 – Revestimento de Cobertura

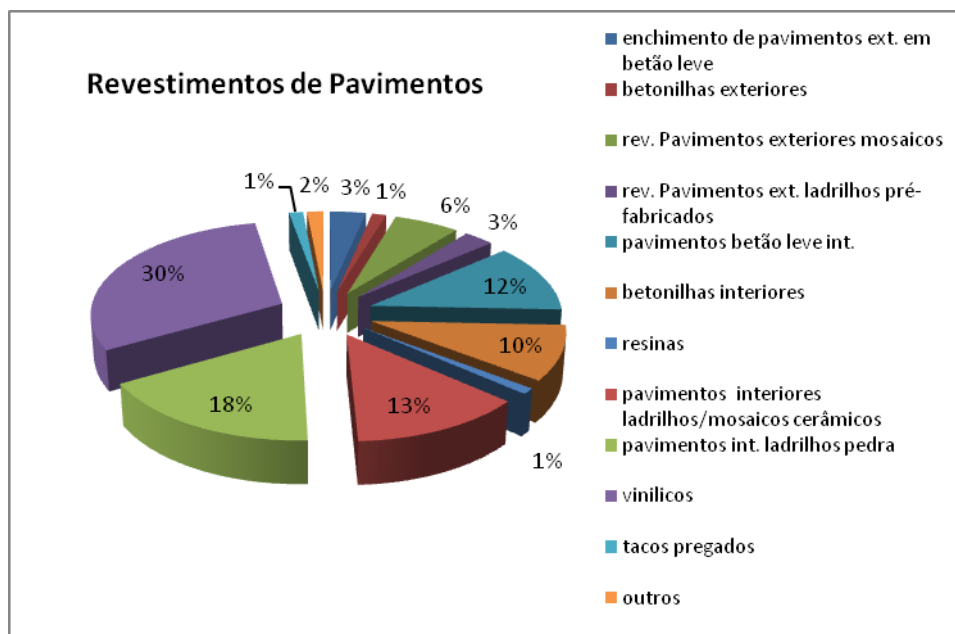


Fig.1 – Revestimentos de Pavimentos

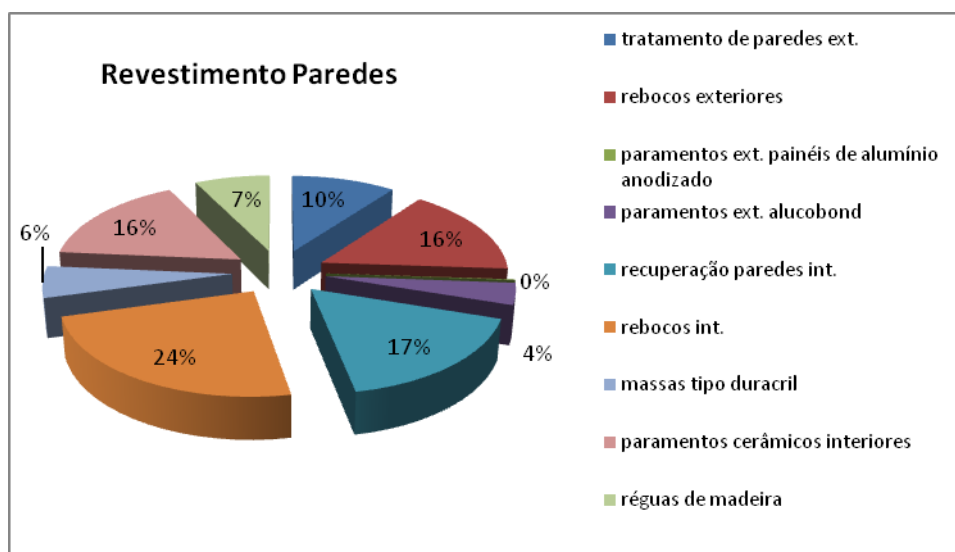


Fig.1 – Revestimento de Paredes

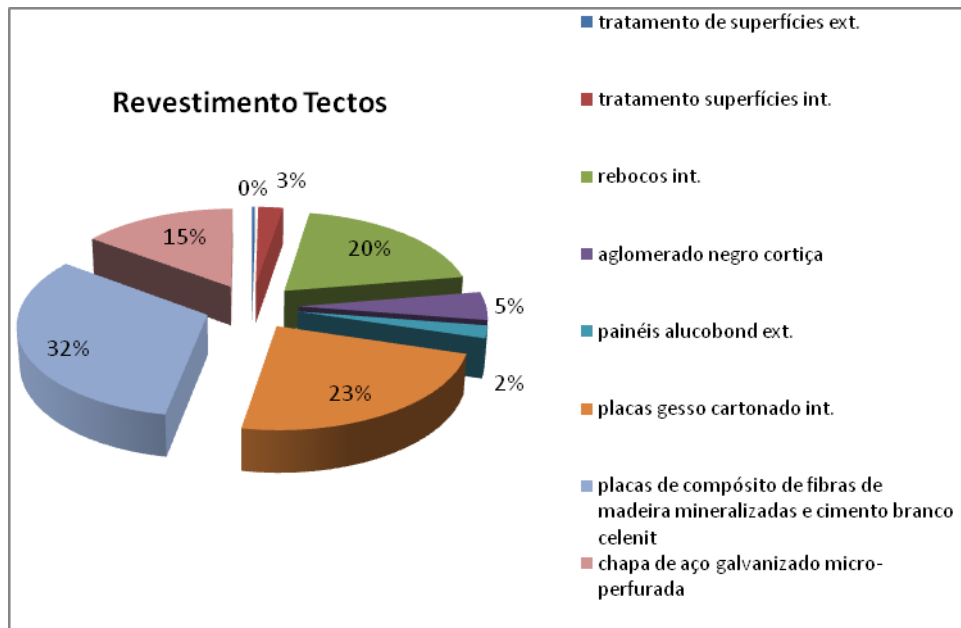


Fig.1 – Revestimento de Tectos

ANEXO C

Análise Global da Proposta - Escola C

Valor Global da Proposta

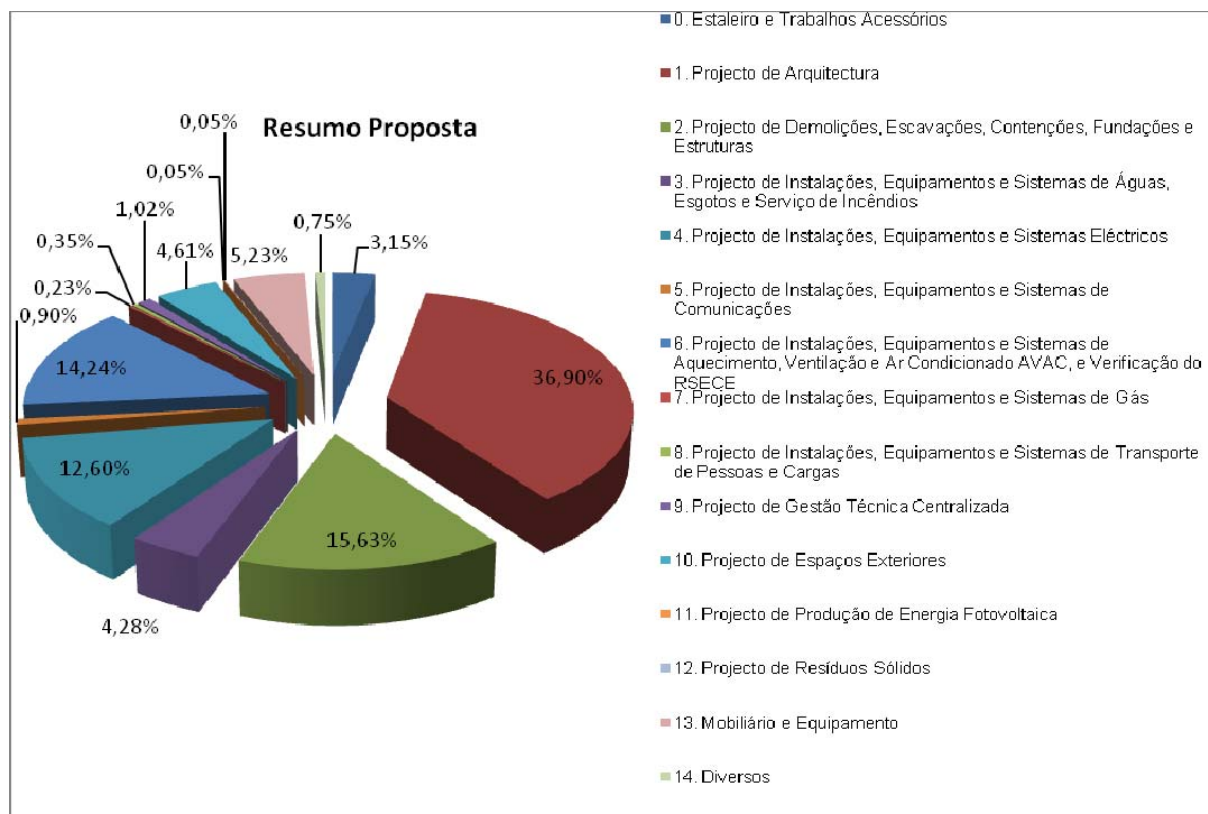


Fig.1 – Resumo da Proposta

Os capítulos:

- Projecto de arquitectura (36,90%);
- Projecto de demolições, escavações, contenções, fundações e estruturas (15,63%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado AVAC, e verificação do RSECE (14,24%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas eléctricos (12,60%);

O total destes capítulos equivale a cerca de 80% do valor total (79,37%).

Capítulo Arquitectura

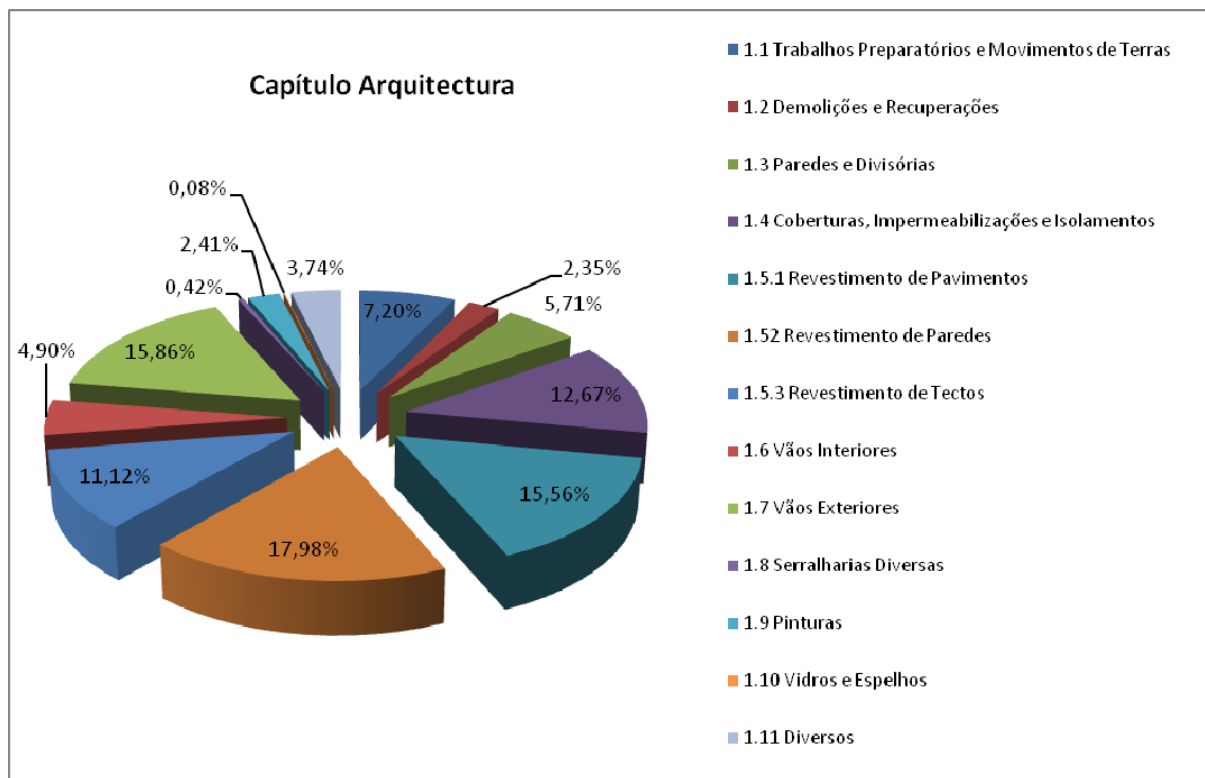


Fig.1 – Capítulo Arquitectura

Os subcapítulos:

- Revestimentos de coberturas, impermeabilizações e isolamentos (12,67%);
- Revestimentos de pavimentos (15,56%);
- Revestimentos de paredes (17,98%);
- Revestimentos de tectos (11,12%);
- Vãos exteriores (15,86%);

O total destes subcapítulos equivale a 73,19% do valor total do Capítulo.

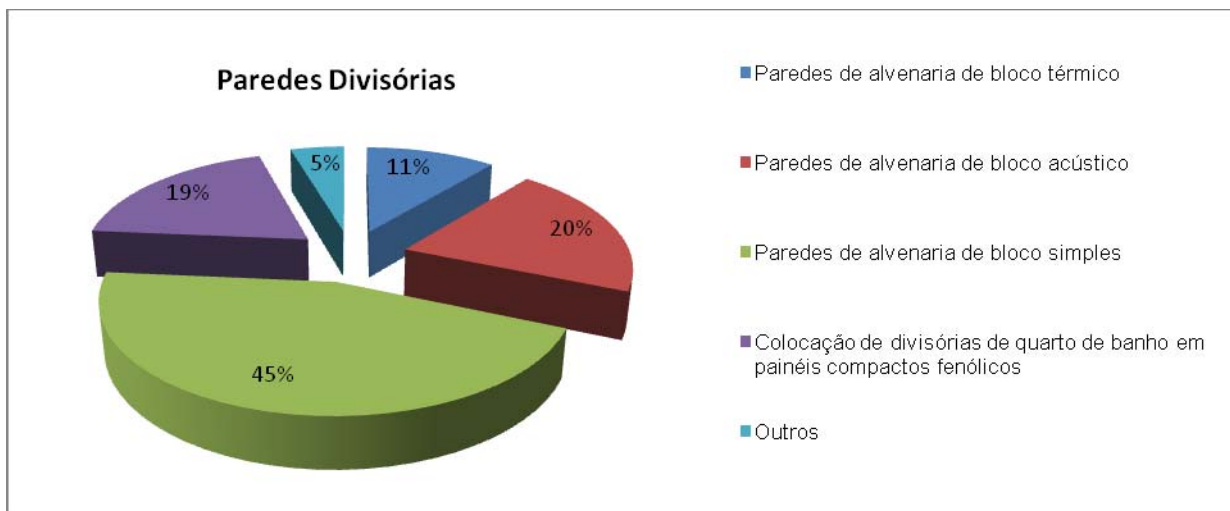


Fig.1 – Paredes Divisórias

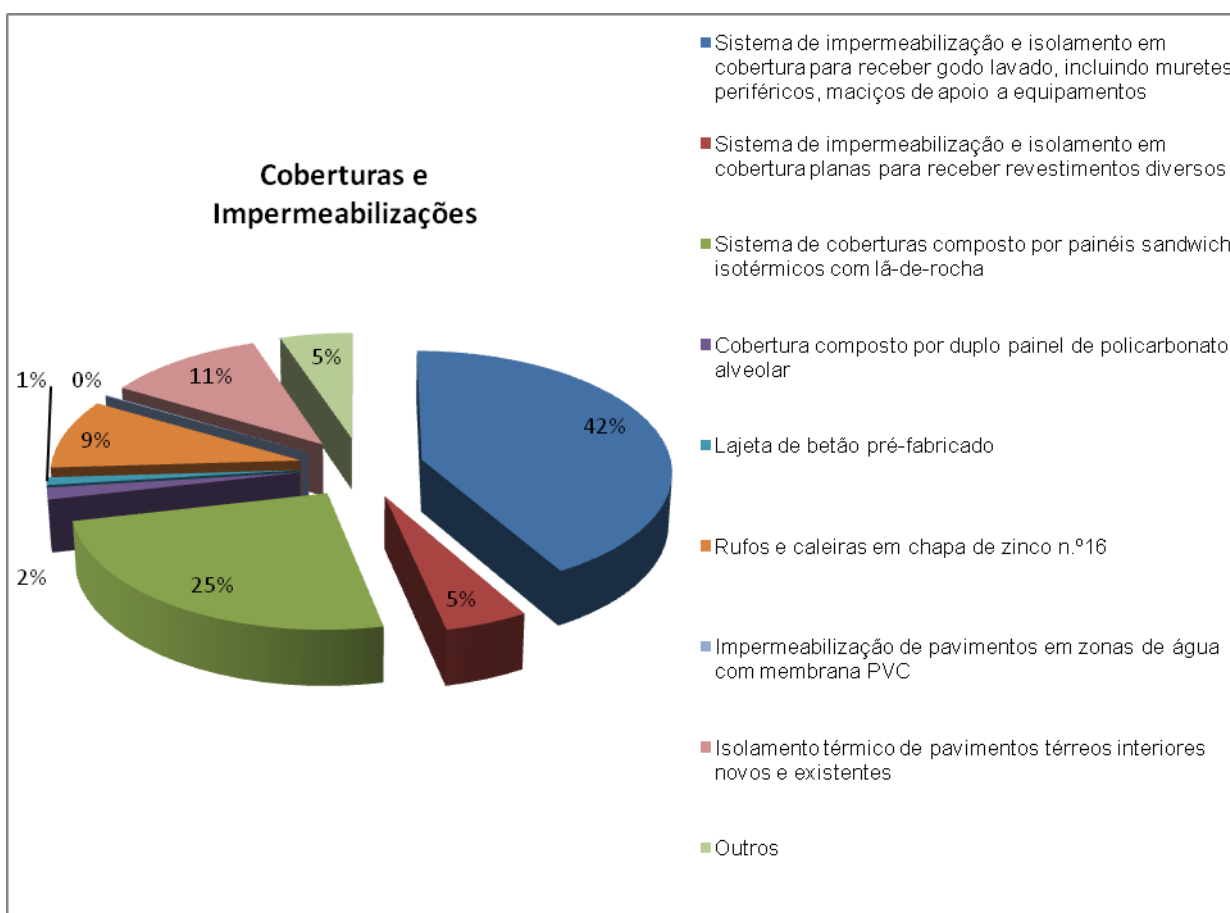


Fig.1 – Coberturas e Impermeabilizações

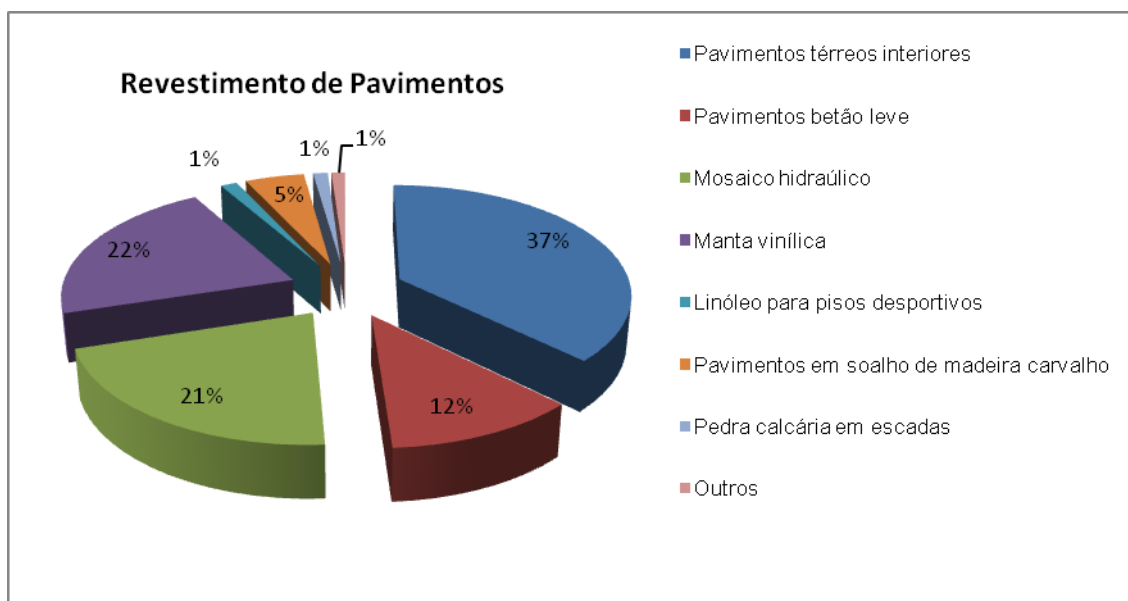


Fig.1 – Revestimento de Pavimentos

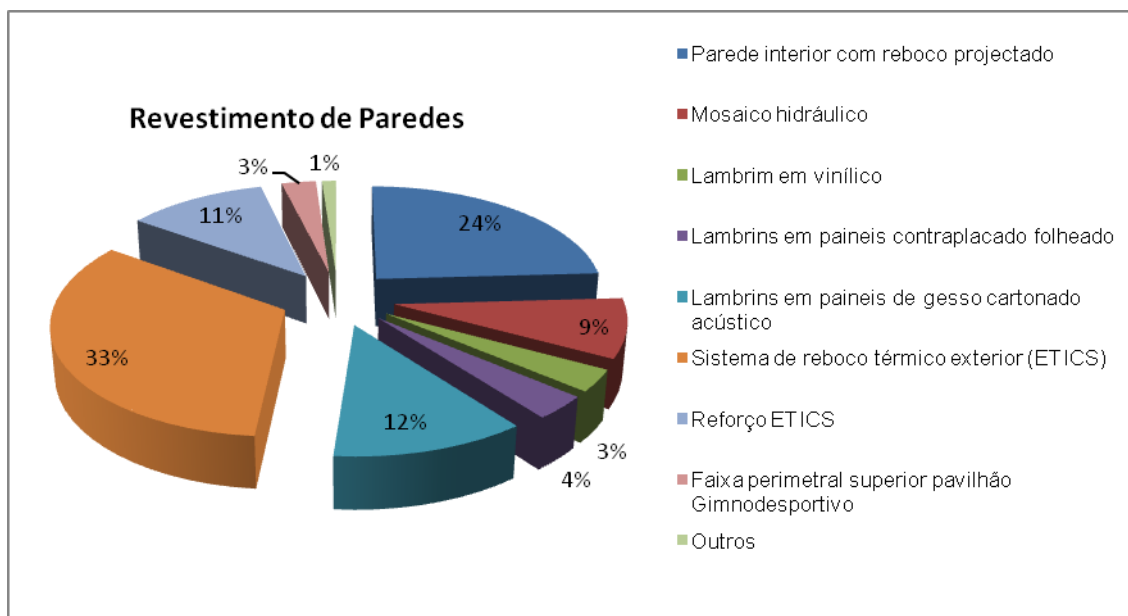


Fig.1 – Revestimento de Paredes

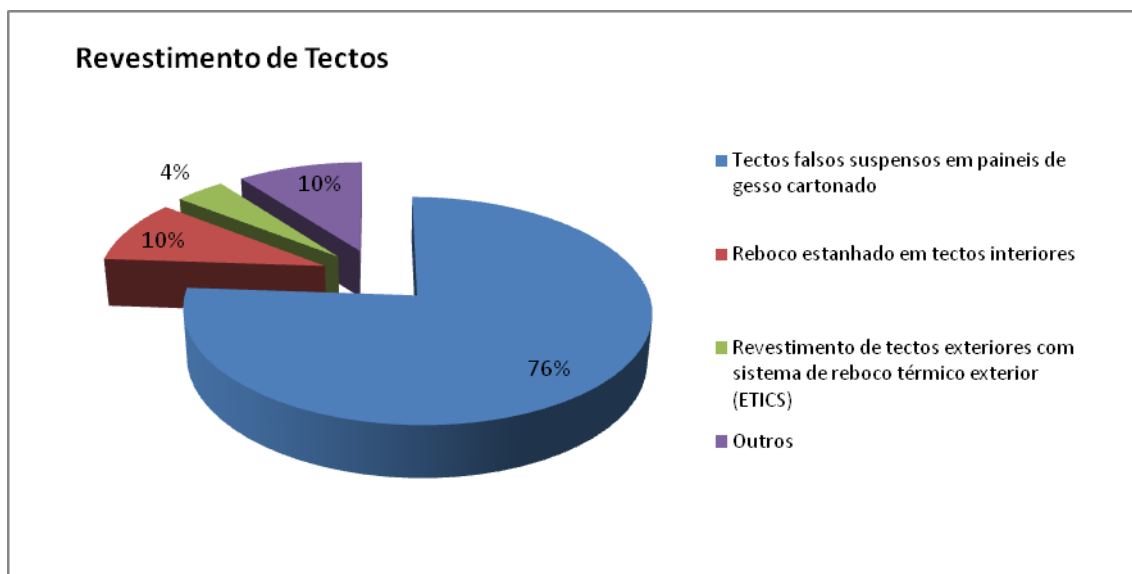


Fig.1 – Revestimento de Tectos

ANEXO D

Análise Global da Proposta - Escola D

Valor Global da Proposta

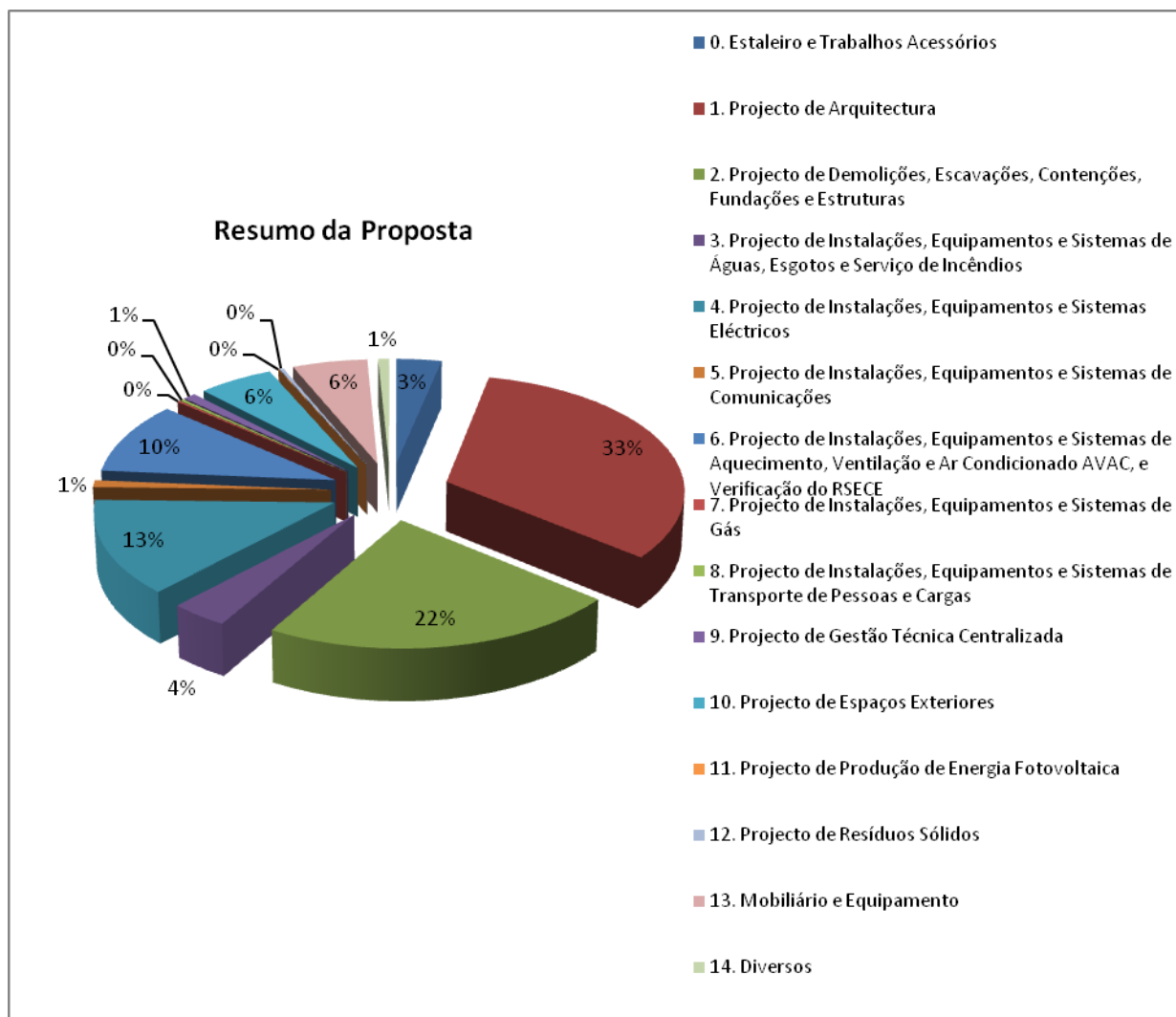


Fig.1 – Resumo da Proposta

Os capítulos:

- Projecto de arquitectura (32,62%);
- Projecto de demolições, escavações, contenções, fundações e estruturas (22,44%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado AVAC, e verificação do RSECE (10,05%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas eléctricos (13,33%);

O total destes capítulos equivale a cerca de 80% do valor total da proposta (78,44%).

Capítulo Arquitectura

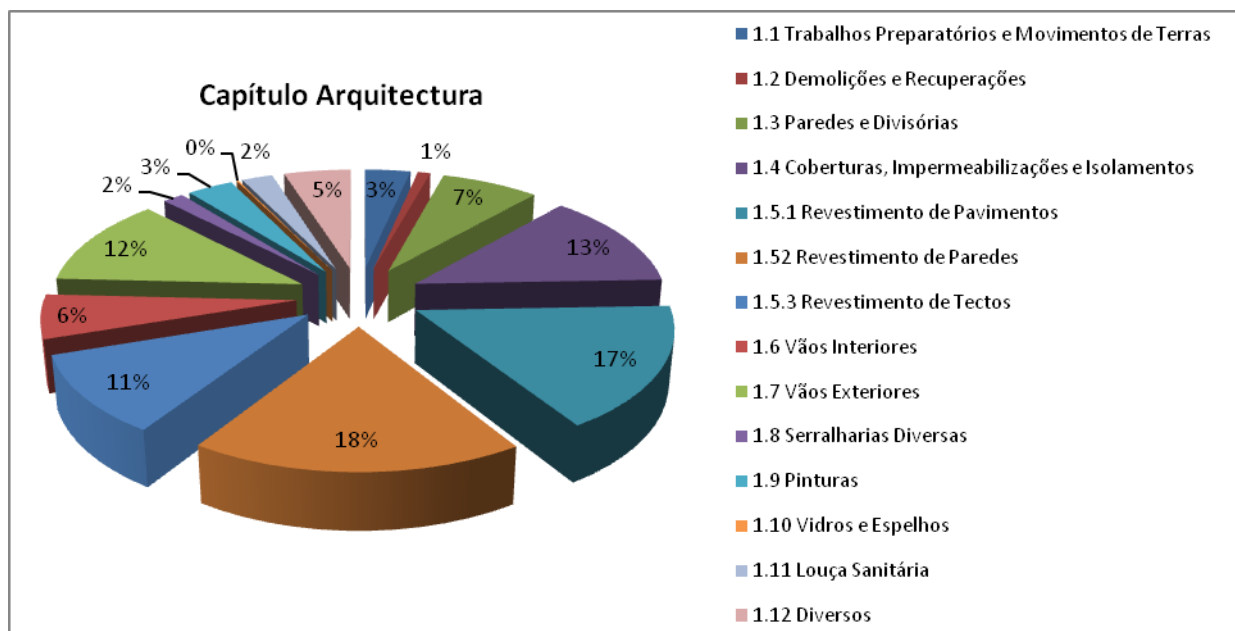


Fig.1 – Capítulo Arquitectura

Os subcapítulos:

- Revestimentos de coberturas, impermeabilizações e isolamentos (12,87%);
- Revestimentos de pavimentos (16,55%);
- Revestimentos de paredes (18,27%);
- Revestimentos de tectos (10,64%)
- Vãos exteriores (12%).

O total destes subcapítulos equivale a 70,33% do valor total do Capítulo.

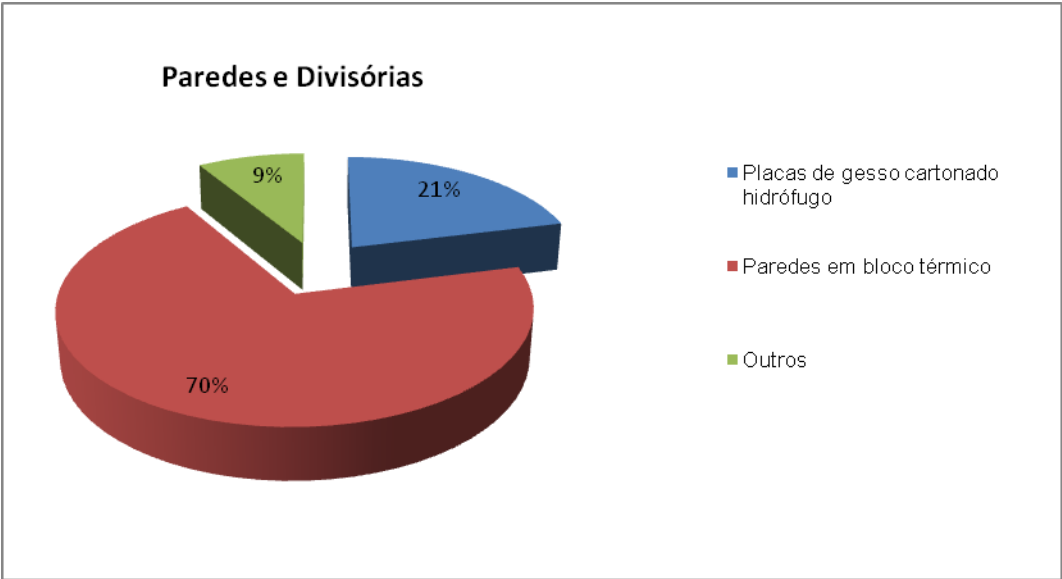


Fig.1 – Paredes Divisórias

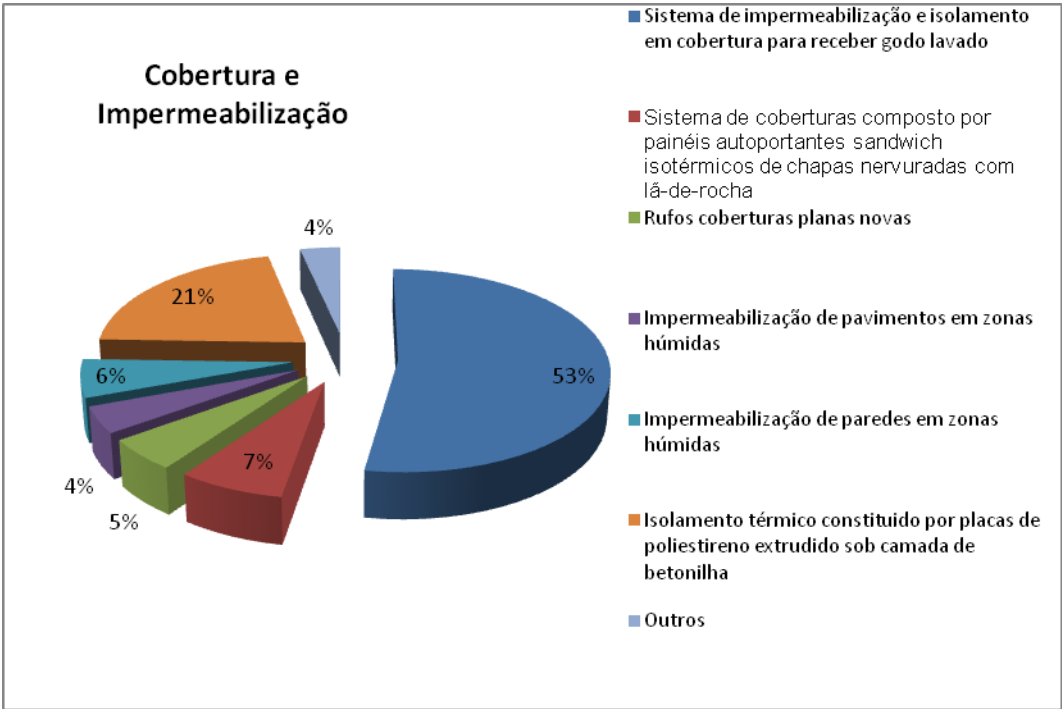


Fig.1 – Cobertura e Impermeabilização

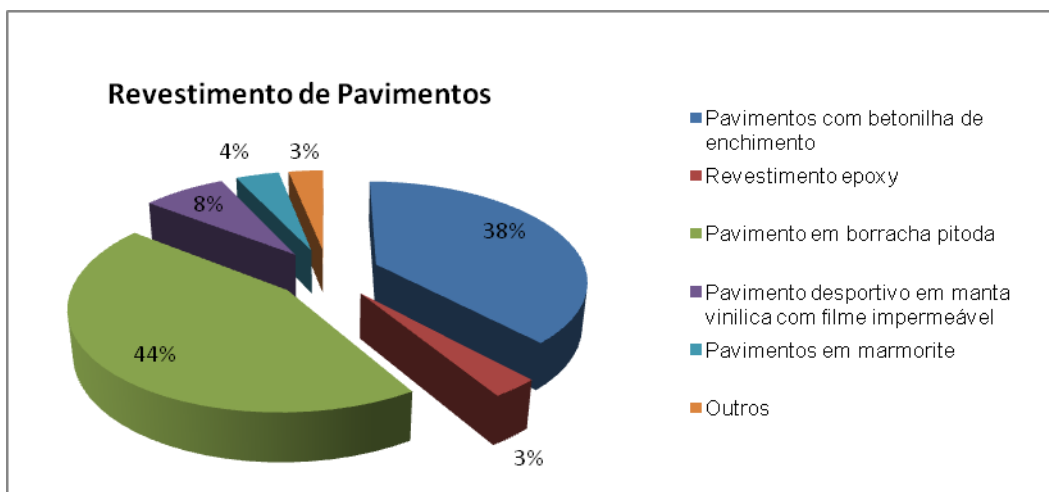


Fig.1 – Revestimento de Pavimentos

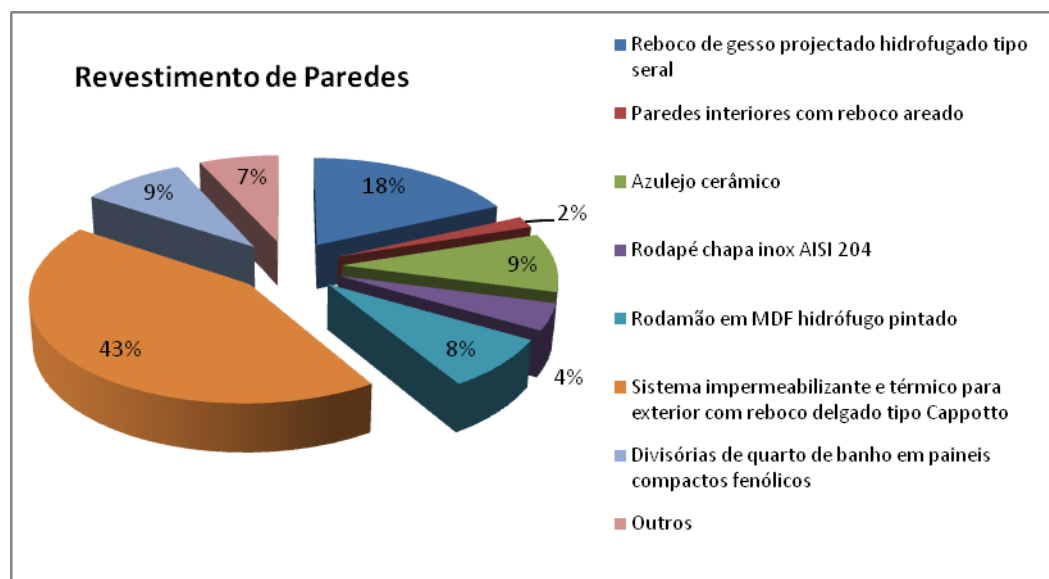


Fig.1 – Revestimento de Paredes

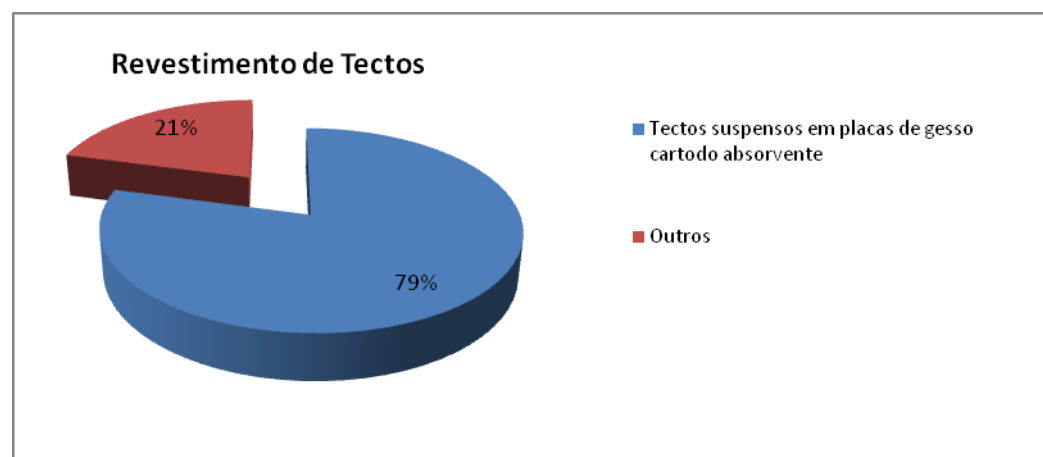


Fig.1 – Revestimento de Tectos

ANEXO E

Análise Global da Proposta – Escola E

Valor Global da Proposta

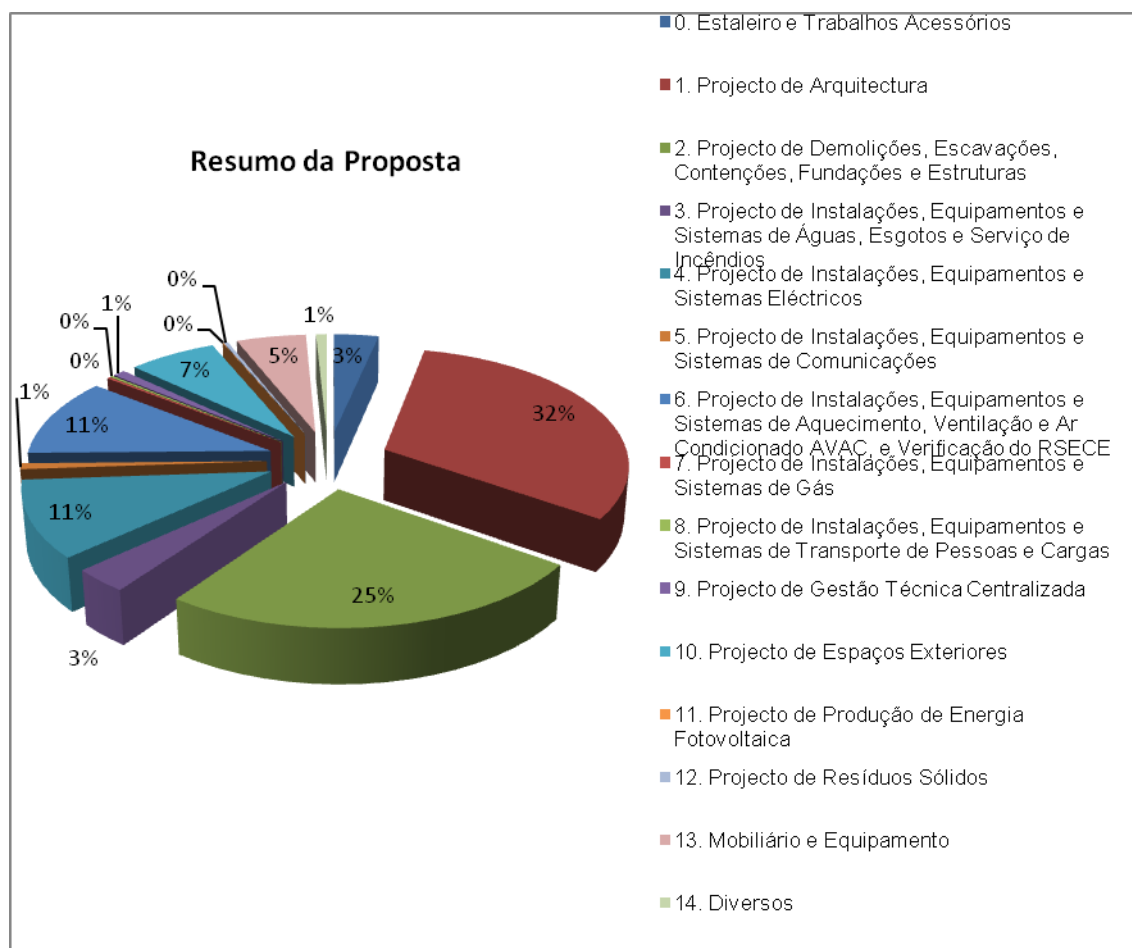


Fig.1 – Resumo da Proposta

Os capítulos:

- Projecto de arquitectura (31,40%);
- Projecto de demolições, escavações, contenções, fundações e estruturas (25,17%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado AVAC, e verificação do RSECE (10,84%);
- Projecto de instalações, equipamentos e sistemas eléctricos (10,67%);

O total destes capítulos equivale a cerca de 80% do valor total (78,08%).

Capítulo Arquitectura

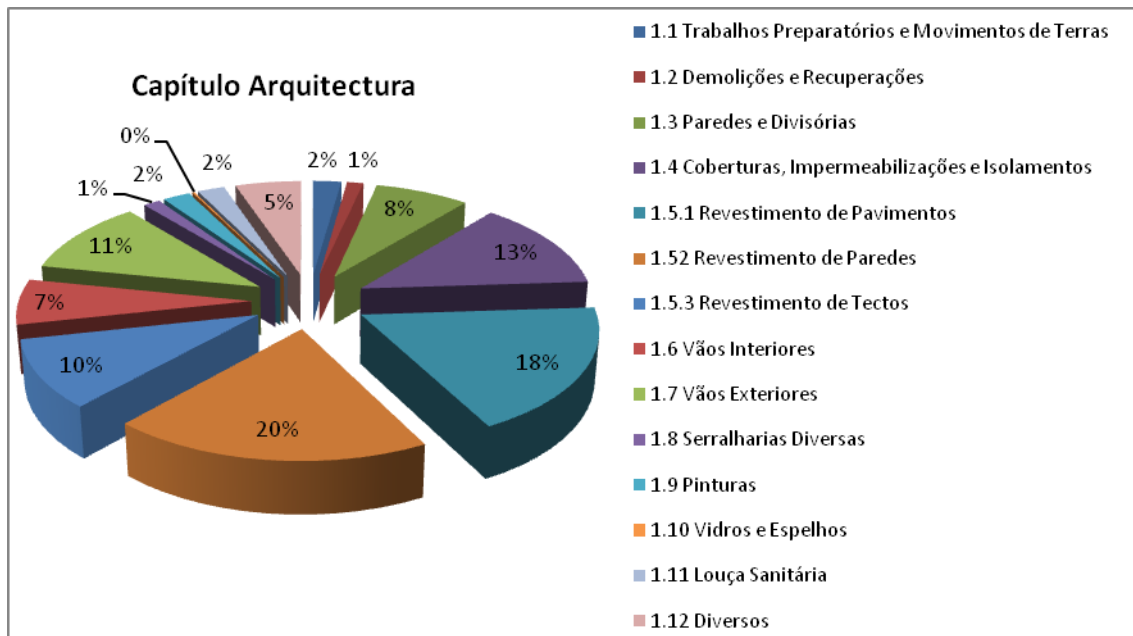


Fig.1 – Capítulo Arquitectura

Os subcapítulos:

- Revestimentos de coberturas, impermeabilizações e isolamentos (13%);
- Revestimentos de pavimentos (18,36%);
- Revestimentos de paredes (19,37%);
- Revestimentos de tectos (9,9%);
- Vãos exteriores (10,79%);

O total destes subcapítulos equivale a 71,42% do valor total do Capítulo.

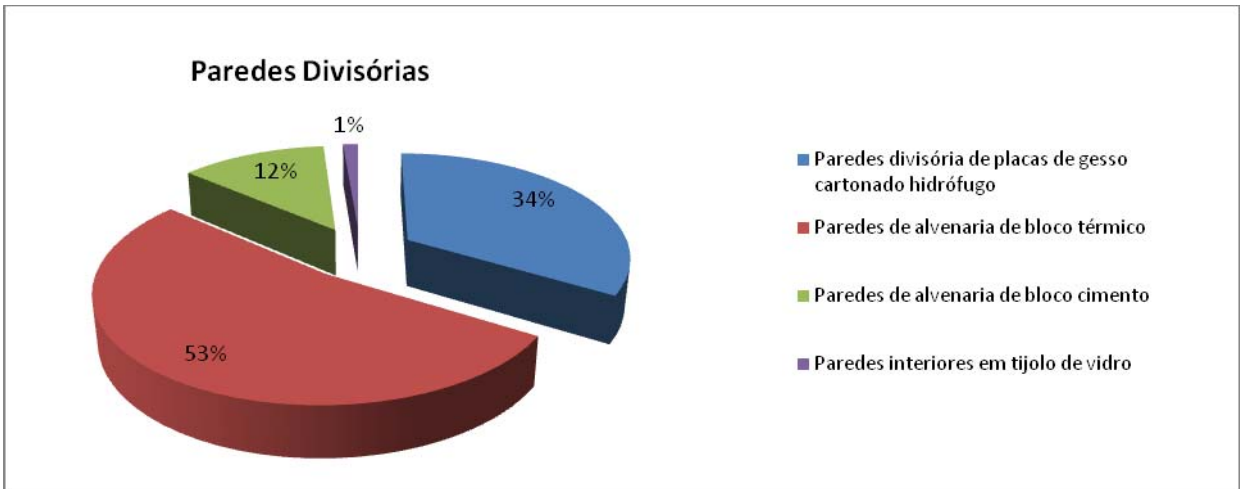


Fig.1 – Paredes Divisórias

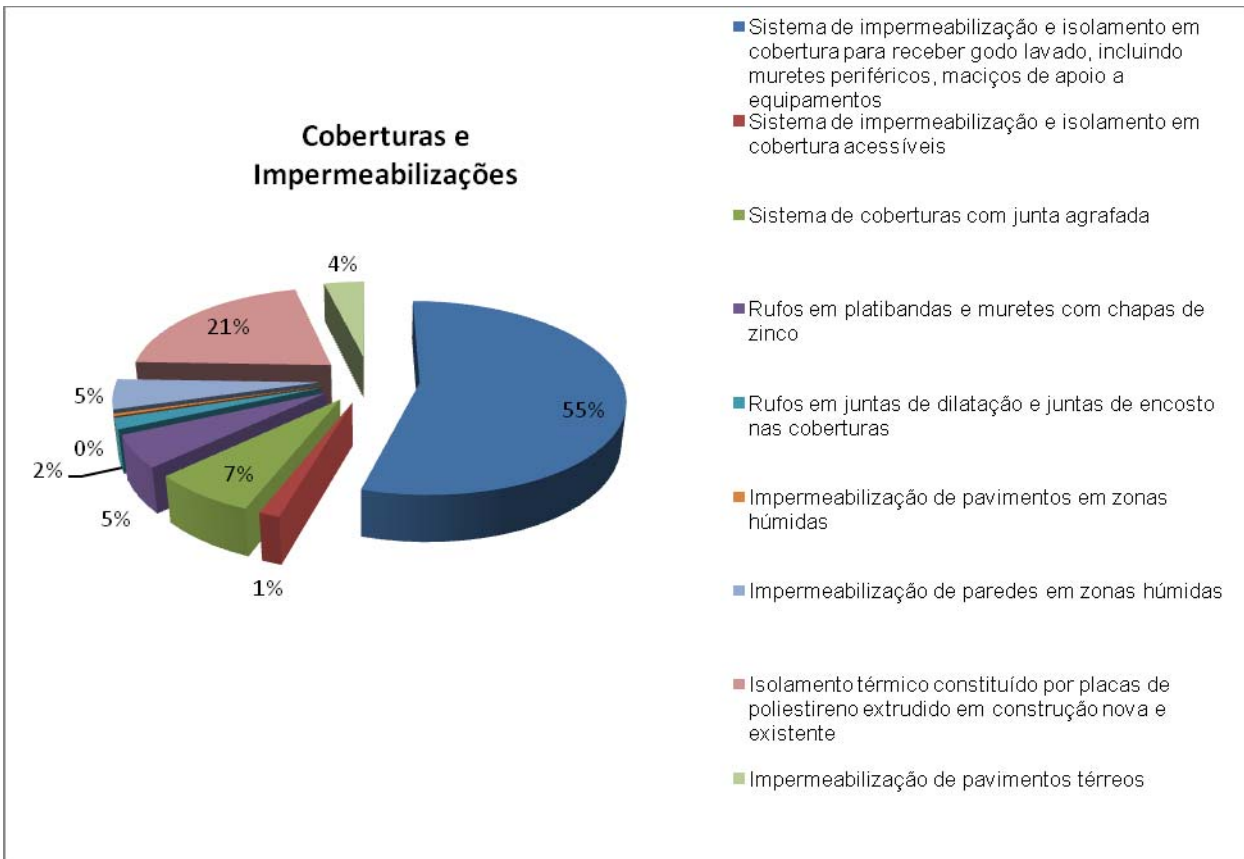


Fig.1 – Coberturas e Impermeabilizações

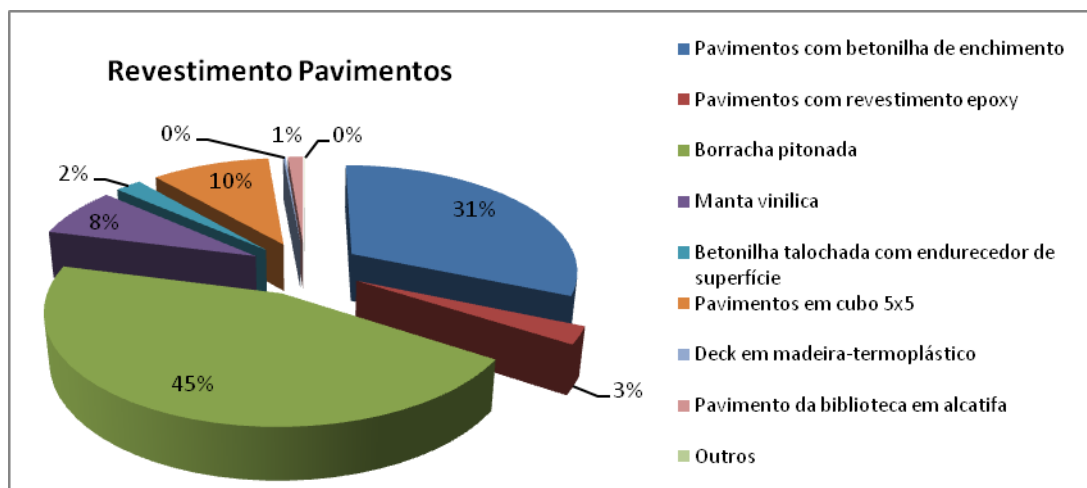


Fig.1 – Revestimento Pavimentos

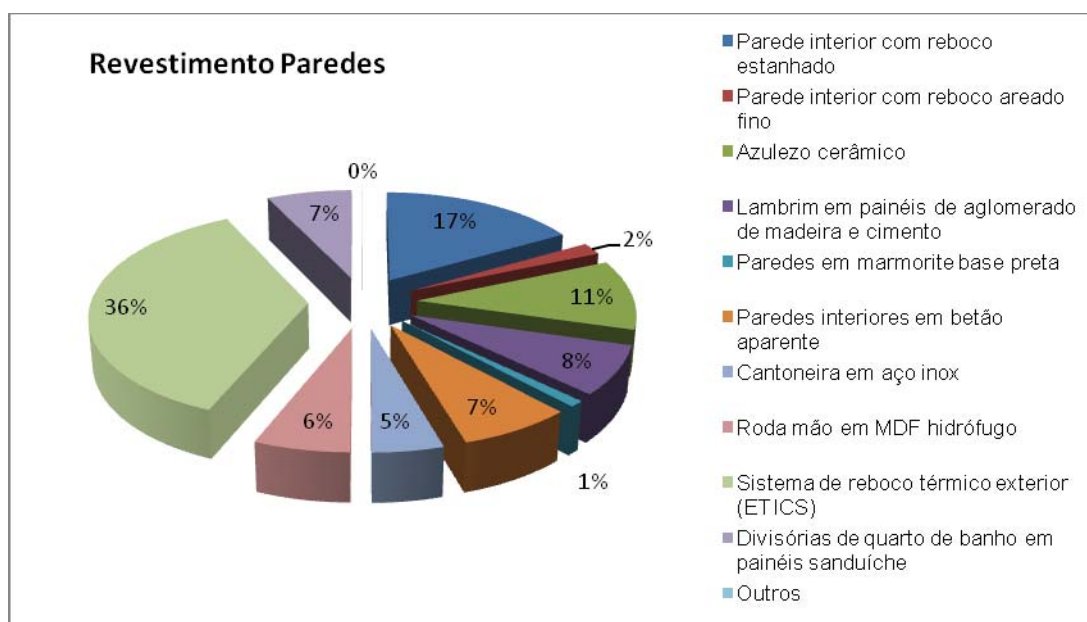


Fig.1 – Revestimento Paredes

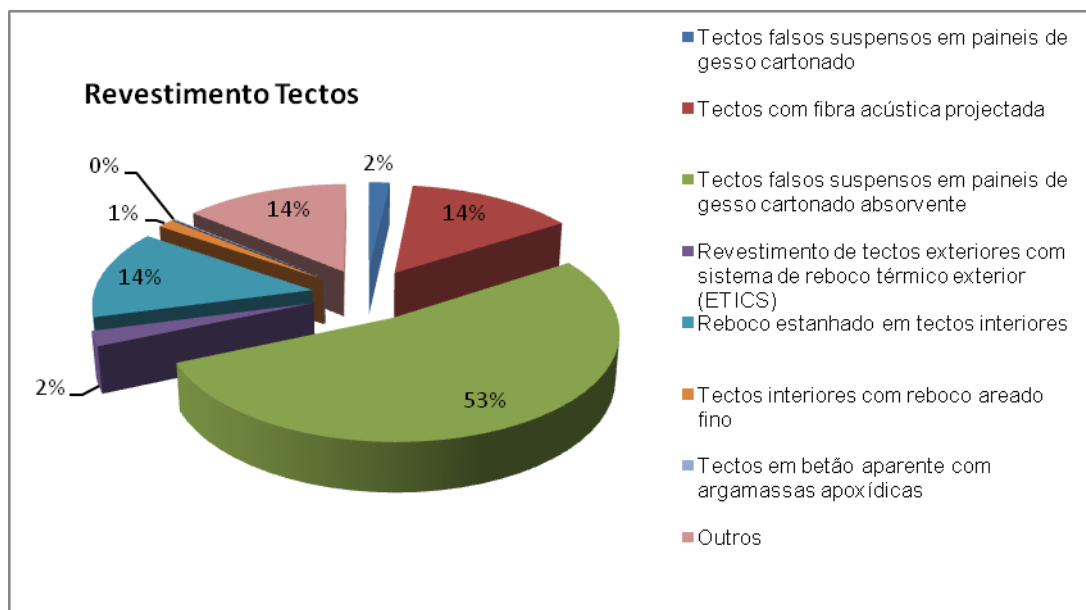


Fig.1 – Revestimento Tectos